This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Это цифровая коиия книги, хранящейся для иотомков на библиотечных иолках, ирежде чем ее отсканировали сотрудники комиании Google в рамках ироекта, цель которого - сделать книги со всего мира достуиными через Интернет.

Прошло достаточно много времени для того, чтобы срок действия авторских ирав на эту книгу истек, и она иерешла в свободный достуи. Книга иереходит в свободный достуи, если на нее не были иоданы авторские ирава или срок действия авторских ирав истек. Переход книги в свободный достуи в разных странах осуществляется ио-разному. Книги, иерешедшие в свободный достуи, это наш ключ к ирошлому, к богатствам истории и культуры, а также к знаниям, которые часто трудно найти.

В этом файле сохранятся все иометки, иримечания и другие заииси, существующие в оригинальном издании, как наиоминание о том долгом иути, который книга ирошла от издателя до библиотеки и в конечном итоге до Вас.

Правила использовапия

Комиания Google гордится тем, что сотрудничает с библиотеками, чтобы иеревести книги, иерешедшие в свободный достуи, в цифровой формат и сделать их широкодостуиными. Книги, иерешедшие в свободный достуи, иринадлежат обществу, а мы лишь хранители этого достояния. Тем не менее, эти книги достаточно дорого стоят, иоэтому, чтобы и в дальнейшем иредоставлять этот ресурс, мы иредириняли некоторые действия, иредотвращающие коммерческое исиользование книг, в том числе установив технические ограничения на автоматические заиросы.

Мы также иросим Вас о следующем.

- Не исиользуйте файлы в коммерческих целях.
  Мы разработали ирограмму Поиск книг Google для всех иользователей, иоэтому исиользуйте эти файлы только в личных, некоммерческих целях.

- Не отиравляйте автоматические заиросы.
  Не отиравляйте в систему Google автоматические заиросы любого вида. Если Вы занимаетесь изучением систем машинного иеревода, оитического расиознавания символов или других областей, где достуи к большому количеству текста может оказаться иолезным, свяжитесь с нами. Для этих целей мы рекомендуем исиользовать материалы, иерешедшие в свободный достуи.

- Не удаляйте атрибуты Google.
  В каждом файле есть "водяной знак" Google. Он иозволяет иользователям узнать об этом ироекте и иомогает им найти доиолнительные материалы ири иомощи ирограммы Поиск книг Google. Не удаляйте его.

- Делайте это законно.
  Независимо от того, что Вы исиользуйте, не забудьте ироверить законность своих действий, за которые Вы несете иолную ответственность. Не думайте, что если книга иерешла в свободный достуи в США, то ее на этом основании могут исиользовать читатели из других стран. Условия для иерехода книги в свободный достуи в разных странах различны, иоэтому нет единых иравил, иозволяющих оиределить, можно ли в оиределенном случае исиользовать оиределенную книгу. Не думайте, что если книга иоявилась в Поиске книг Google, то ее можно исиользовать как угодно и где угодно. Наказание за нарушение авторских ирав может быть очень серьезным.

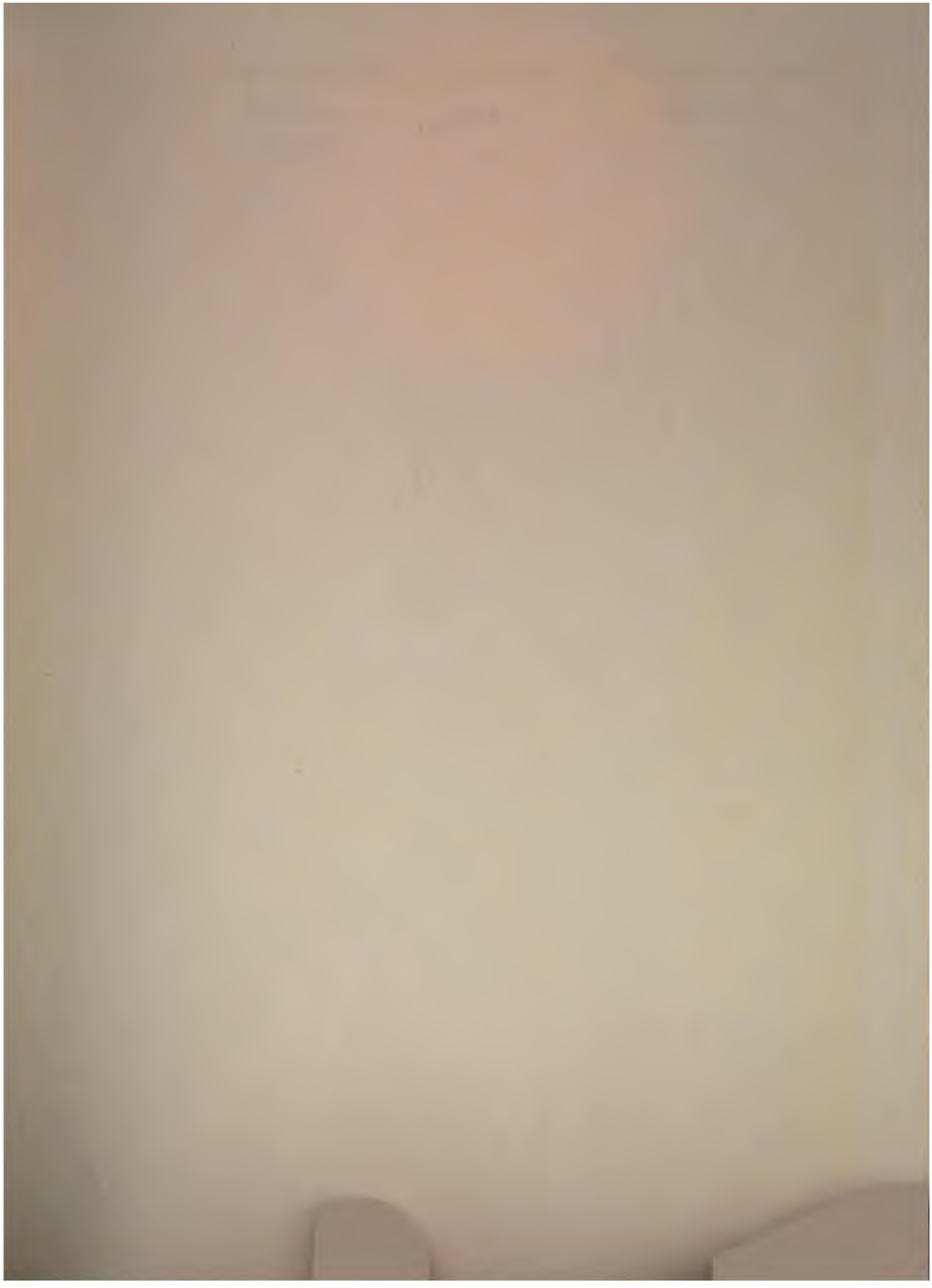
О программе Поиск кпиг Google

Миссия Google состоит в том, чтобы организовать мировую информацию и сделать ее всесторонне достуиной и иолезной. Программа Поиск книг Google иомогает иользователям найти книги со всего мира, а авторам и издателям - новых читателей. Полнотекстовый иоиск ио этой книге можно выиолнить на странице `http://books.google.com/`

B 1,115,126
Q
9
.N28
1984

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1984

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
LIBRARIES
THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
1817



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

ББК 72
Н34

Редакционная коллегия

А. А. ЛОГУНОВ
академик (председатель)

А. П. АЛЕКСАНДРОВ
академик

Н. Г. БАСОВ
академик

Н. Н. БЛОХИН
академик

П. П. ВАВИЛОВ
член-корреспондент
Академии наук СССР,
академик ВАСХНИЛ

Б. В. ГНЕДЕНКО
академик
Академии наук УССР

Н. К. ГОЛОВКО
общественный деятель

В. А. КИРИЛЛИН
академик

В. В. КОРТУНОВ
профессор

И. М. МАКАРОВ
член-корреспондент
Академии наук СССР

Г. И. МАРЧУК
академик

А. С. МОНИН
член-корреспондент
Академии наук СССР

П. А. НАУМОВ
общественный деятель

Ю. А. ОВЧИННИКОВ
академик

Н. Н. СЕМЕНОВ
академик

Л. Н. ТОЛКУНОВ
общественный деятель

П. Н. ФЕДОСЕЕВ
академик

В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ
академик

Ответственный редактор
Е. Б. ЭТИНГОФ

© Издательство «Знание», 1984 г.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1984

Когда наука достигает какой-либо вершины, с нее открывается обширная перспектива дальнейшего пути к новым временам, открываются новые дороги, по которым наука пойдет дальше.

С.И.Вавилов

ДОСТУПНО И ТОЧНО О ГЛАВНОМ В МИРОВОЙ НАУКЕ

ЧЕЛОВЕК

ЗЕМЛЯ

МИКРОМИР

ВСЕЛЕННАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
1984

Q
9
.N28
1984.

1962 — 1983

АВСТРАЛИЯ
АВСТРИЯ
АНГЛИЯ
АРГЕНТИНА
БЕЛЬГИЯ
БОЛГАРИЯ
БРАЗИЛИЯ
ВЕНГРИЯ
ВЬЕТНАМ
ГАНА
ГВИНЕЯ
ГДР
ЕГИПЕТ
ИНДИЯ
ИРЛАНДИЯ
ИТАЛИЯ
КАНАДА
КЕНИЯ
КОЛУМБИЯ
КОСТА-РИКА
КУБА
МОНГОЛИЯ
НИДЕРЛАНДЫ
НОРВЕГИЯ
ПАКИСТАН
ПОЛЬША
РУМЫНИЯ
СССР
США
ТУРЦИЯ
ФИНЛЯНДИЯ
ФРАНЦИЯ
ФРГ
ЧЕХОСЛОВАКИЯ
ШВЕЙЦАРИЯ
ШВЕЦИЯ
ШРИ ЛАНКА
ЭФИОПИЯ
ЮАР
ЮГОСЛАВИЯ
ЯПОНИЯ

1984

АНГЛИЯ
Дж. Ф. Дэвидсон

ВЕНГРИЯ
Я. Сентаготаи

ВЬЕТНАМ
Хо Ши Тхоанг

ГДР
Г. Кейл
К. Ланиус
К. Майер
Х. Маттис

ИТАЛИЯ
Ф. Мелькиорри
Б. Оливо-Мелькиорри

МОНГОЛИЯ
О. Баасансурэн
Ж. Гуррагча

ПОЛЬША
К. Биркенмайер

СССР
Е. П. Алешин
Н. Б. Брандт
Е. И. Брехов
В. М. Жданов
Л. А. Ильин
М. И. Каганов
Н. В. Карлов
В. И. Корепанов
И. М. Лифшиц
И. В. Прангишвили
А. М. Прохоров
Г. А. Пугаченкова
А. Х. Саркисов
О. К. Скобелкин
С. Л. Тихвинский
Ю. М. Фаткин
С. А. Федотов
В. С. Широколава

США
Р. Брейдвуд

ТУРЦИЯ
Х. Чембел

ФРГ
Г. Герц

ЧЕХОСЛОВАКИЯ
П. Тржиска

Навсегда исключить войну из жизни людей, добиться прочного мира на Земле — вот высшая цель внешней политики СССР и других социалистических стран.

«Советский Союз будет продолжать политику мира — мира прочного и справедливого для всех народов — больших и малых», — сказал Генеральный секретарь ЦК КПСС товарищ К. У. Черненко. Его речи на внеочередном Пленуме Центрального Комитета КПСС, состоявшемся в феврале 1984 года и на предвыборном собрании избирателей 2 марта, подтвердили неизменную преемственность политики СССР, отвечающей коренным интересам и чаяниям всего человечества.

В этих выступлениях дана глубокая оценка причин, вызвавших нынешнее осложнение международного положения, особенно ухудшившегося из-за размещения американских ракет в Европе, подчеркнуто, что Советский Союз и другие социалистические страны за последние годы выступили с целым комплексом конкретных предложений, реализация которых позволила бы договориться о замораживании, ограничении и сокращении ядерных вооружений на основе принципа равенства и одинаковой безопасности, оздоровить международную обстановку в целом.

В исследование этой обстановки, тенденций ее развития призваны внести свой вклад и ученые. Июньский (1983 года) Пленум ЦК КПСС, поставивший серьезные задачи перед советскими обществоведами, указал, в частности: «Необходим глубокий анализ новых явлений в международных отношениях». О том, что делают в этом плане ученые-международники, пишет академик-секретарь Отделения истории АН СССР, ректор Дипломатической академии МИД СССР С. Л. Тихвинский в статье «Наука международных отношений», которой открывается этот том ежегодника.

Автор характеризует целый ряд фундаментальных обобщающих трудов советских исследователей, где глубоко раскрывается опыт разрядки, непреходящая актуальность этой темы, антинаучный характер буржуазных ее интерпретаций, особенно обильно появляющихся в последнее время. Статья знакомит и с работами ученых братских социалистических стран, с плодотворным сотрудничеством историков-международников СССР и других государств содружества, а также с позицией видных западных деятелей науки, которые реалистически подходят к оценке ситуации и понимают, что политике мирного сосуществования нет разумной альтернативы.

Анализ всех этих исследований приводит к выводу, что, несмотря на все попытки империалистических сил «похоронить» разрядку, в мире сейчас существуют влиятельные факторы, противодействующие такой тенденции. Главный из них — последовательная политика Советского Союза, всех социалистических стран, которая исходит из того, что еще не поздно остановить невиданную гонку вооружений, рост напряженности. Эта миролюбивая политика противостоит авантюристической линии США и их партнеров по НАТО, которые поставили мир на грань ядерной катастрофы.

Милитаристский курс Вашингтона вызывает растущую с каждым днем озабоченность народов. Повсюду на Земле миллионы людей все лучше осознают, откуда исходит опасность миру, и включаются в борьбу за него.

Среди борцов за мир — ученые всех континентов, и в первых их рядах, конечно же, деятели советской науки, единодушно поддерживающие политику Коммунистической партии и нашего государства.

В мае 1983 года состоялась Всесоюзная конференция ученых за избавление человечества от угрозы ядерной войны, за разоружение и мир, в которой приняли участие также прогрессивные деятели науки из многих других стран. В Воззвании к людям науки всего мира, принятом на заключительном заседании, советские ученые выразили глубокое убеждение в том, что имеется прочная объективная основа, на которой можно и должно остановить гонку вооружений и повернуть ее вспять, — это сложившееся в мире военно-стратегическое равновесие. Разум диктует стремиться не к иллюзии военного превосходства, не к самоубийственному первому ядерному удару, а к закреплению примерного равенства, к взаимному снижению его уровня. Конференция учредила Комитет советских ученых в защиту мира, против ядерной войны во главе с вице-президентом АН СССР академиком Е. П. Велиховым.

Советские ученые активно сотрудничают в многочисленных международных организациях и движениях, выступающих против ядерной угрозы. Благородные идеалы мира объединяют все более широкую международную научную общественность, которая воздает должное последовательной миролюбивой внешней политике СССР и других социалистических стран. Так, постоянный комитет по разоружению Всемирной федерации научных работников, объединяющей более полумиллиона ученых и преподавателей вузов из 50 стран, заявил, что именно инициативы Советского Союза в области сокращения вооружений открывают путь к взаимоприемлемым соглашениям.

Большую роль в борьбе за оздоровление международной обстановки играют национальные организации ученых. Например, федерация американских ученых, представляющая около 5 тысяч видных деятелей науки США, отвергла утверждения администрации Рейгана о якобы изменившемся в пользу СССР балансе сил в мире.

Наиболее влиятельные международные движения включают в свой состав национальные организации. Таково, например, Пагуошское движение ученых, о котором в ежегоднике подробно рассказал председатель советского Пагуошского комитета, член Исполкома Международного пагуошского движения академик-секретарь отделения ядерной физики АН СССР академик М. А. Марков («Наука и человечество. 1982»).

В этом томе публикуется статья о международном движении «Врачи мира за предотвращение ядерной войны». Она так и называется: «Медики против ядерной войны». Ее автор — заместитель председателя советского комитета «Врачи за предотвращение ядерной войны», академик и член Президиума АМН СССР Л. А. Ильин — пишет, что это движение возникло как естественная реакция на события в сегодняшнем мире и всего за несколько лет приобрело огромный размах. Уже состоялись три конгресса, уже действует около 50 национальных комитетов, и во многих странах они объединяют тысячи и десятки тысяч членов. Лишь за первые два года в движение влилось 60 тысяч врачей.

Знаменательно, что у его истоков стоят советские ученые-медики — их инициативная встреча с американскими коллегами состоялась в декабре 1980 г. Автор приводит выдвинутое XXVI съездом КПСС положение: «Народы мира должны знать правду о том, к каким губительным для человечества последствиям привела бы ядерная война», и показывает конкретно, в чем состояли бы медицинские ее последствия. Речь идет о глубоких исследованиях, проведенных учеными СССР как в рамках советского комитета и движения в целом, так и для Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Они однозначно приводят к единственно возможному выводу: ядерное безумие должно быть остановлено!

К этому же призвали и 14 тысяч физиков из многих стран, подписавшие обращение с призывом договориться о прекращении испытаний, производства и размещения ядерного оружия и средств его доставки.

В парижском университете Сорбонне под девизом «Наука и мир» состоялись дебаты группы лауреатов Нобелевской премии. Советские представители член Президиума АН СССР академик Н. Г. Басов и академик П. А. Черенков рассказали о замечательных перспективах, которые откроются перед всем человечеством, когда прекратится бессмысленная растрата финансовых, природных, трудовых ресурсов, которые сегодня обращаются в горы оружия, о конкретных предложениях нашей страны, нацеленных на предотвращение гибельного конфликта. И несмотря на попытки некоторых организаторов встречи увести разговор от избранной темы и посеять рознь между его участниками, в главном все естествоиспытатели оказались едины: необходимо остановить гонку вооружений, превратить Европу в безъядерную зону — словом, нет ничего важнее, чем мир!

Об этом же говорят и многие другие ученые на всевозможных встречах и обсуждениях — от небольших рабочих групп, исследующих конкретные вопросы, до телевизионных диалогов через океан, которые жадно смотрят и слушают миллионы людей на всей Земле.

Огромный, непрерывно растущий интерес у широчайших масс к тому, что думают о судьбах мира ученые, вполне закономерен. Он вызван не только стремительными, невиданными доселе темпами развития науки, не только тем, что небывало многочисленной стала когорта ее служителей и творцов, но прежде всего той ролью, которую играет она сегодня в жизни человечества.

С одной стороны, наука — величайшая созидательная сила, призванная творить добро людям. «Наука — высший разум человечества, это солнце, которое человек создал из плоти и крови своей» (Горький) — таков эпиграф к одному из томов ежегодника «Наука и человечество». С первой книги, где было напечатано выступление академика Н. Н. Семенова «Гуманизм науки», ежегодник постоянно стремился во всей полноте раскрывать благородное ее предназначение, показывать, как она служит благу людей.

И эта книга тоже в основном повествует о том, как разум познает природу и самое себя, о том, что делают ученые для охраны здоровья человека и улучшения условий его жизни.

Одни статьи раскрывают сокровенные тайны материи. Пример — «Глюоны — переносчики ядерных сил» (автор — академик АН ГДР К. Ланиус). Физики уже пришли к согласию, что элементарные по недавним представлениям частицы — протоны и нейтроны построены из еще более мелких «кирпичиков» — кварков, которые пока не удается (и, может быть, никогда не удастся) выделить в свободном состоянии. Почему? Что «склеивает» их так прочно? И вот физика опускается еще на один этаж в глубь вещества: оказывается,

кварки обмениваются во многом еще гипотетическими частичками — глюонами (от английского «глю» — клей), которые и обеспечивают столь прочное их соединение.

Другие статьи раскрывают тайны космоса, третьи — нашей планеты. К примеру, член-корреспондент АН СССР С. А. Федотов рисует волнующую картину вулканического извержения на Камчатке, которое с недостижимой дотоле точностью было предсказано советскими учеными («Большое трещинное извержение Толбачика»). А видный польский геофизик профессор К. Биркенмайер в статье «Палеомагнитная летопись Земли» рассказывает, как неопровержимо доказываются представления глобальной тектоники — теории образования и перемещения континентов и океанов.

Есть статьи, тема которых — тайны живого. «Память: молекулярные механизмы» — так называется статья академика АН ГДР Г. Матисса, который знакомит с работой нашего мозга и отдельных нервных клеток — они-то и представляют собой инструмент запоминания. Такие исследования становятся фундаментом дальнейшего развития медицины.

Ей тоже посвящена группа статей. Например, профессор О. К. Скобелкин с соавторами вводит нас в новую область хирургии, где традиционный скальпель уступил место лазерному лучу («Лазеры в хирургии»).

Удивительные творения рук человеческих, умножающие силу мысли и облегчающие труд, описаны еще в одной группе статей. Давно ли мы удивлялись быстроте, с какой считают ЭВМ? Теперь уже этого мало — «квалификация» машины должна расти. О том, что делается для этого, пишут академик АН ГССР И. В. Прангишвили и его соавторы («Обучение вычислительных систем»).

Нельзя не назвать статьи о повышении плодоносности земли, создании новых сортов растений, увеличении продуктивности домашних животных: «Рис: обновление культуры» (член-корреспондент ВАСХНИЛ Е. П. Алешин), «Победа над трихофитией» (академик ВАСХНИЛ А. Х. Саркисов). Эти статьи показывают, как выполняется в нашей стране Продовольственная программа СССР. И многие другие статьи свидетельствуют о тесной связи фундаментальной науки с практикой.

Наконец, публикуются статьи о памятниках далекого прошлого. Например, Р. Брейдвуд (США) и Х. Чембел (Турция) рассказывают, как были найдены следы одной из древнейших цивилизаций («У истоков производящего общества в Юго-Восточной Анатолии»).

В числе авторов этого тома — недавно скончавшийся академик И. М. Лифшиц, академик-секретарь Отделения общей физики и астрономии АН СССР А. М. Прохоров, академик АМН СССР В. М. Жданов, президент Венгерской АН Я. Сентаготаи, видные ученые Вьетнама, Монголии, Чехословакии, Англии, Италии, ФРГ.

Все они открывают перед читателем новые вершины науки, особенно хорошо видные потому, что показывают их сами первопроходцы. Они помогают нам понять, сколь тернист путь познания и сколь много обретает на нем человек — не только сам ученый, но и все люди, — когда плоды исследовательского труда служат благородным целям. Словом, все эти статьи — о науке как великой созидательной силе.

Но, с другой стороны, именно наука породила фантастические виды оружия, совершила переворот в способах ведения войн. И хоть с этим решительно не согласны Советский Союз, другие социалистические страны, все честные люди на Земле, для империалистических заправил наука — это прежде всего арсенал все более чудовищных средств уничтожения людей. Водородные и нейтронные бомбы, химическое и лазерное оружие, наземные и «звездные» войны, планируемые атомными маньяками, — ведь это тоже было бы невозможно без достижений науки.

Значит, все дело в том, как они используются, эти достижения, в чьих они находятся руках. На этом осколке очень наглядно проверяются подлинные цели стран социализма и капиталистических государств. Мы с гордостью можем сказать, что социализм наследует все лучшее из прошлого человечества и привлекает к себе все лучшее в его настоящем.

Уместно напомнить еще один эпиграф к ежегоднику: «Величие и достоинство науки состоит исключительно в той пользе, которую она приносит людям», — писал замечательный русский философ-материалист Писарев. А сто лет спустя великий французский ученый, первый председатель Всемирного Совета Мира Фредерик Жолио-Кюри сказал: «Нельзя допустить, чтобы люди направляли на свое собственное уничтожение те силы природы, которые они сумели открыть и покорить». Вновь и вновь он повторял: «Я должен сражаться в рядах тех, кто хочет, чтобы достижения науки были использованы в мирных целях, а не в корыстных целях хищников, не для разжигания войны».

Наука для мира, сотрудничество во имя блага народов — вот принцип, который объединяет на страницах ежегодника крупнейших ученых Земли — тех, кто сознает свою социальную ответственность, кто верит в торжество разума на нашей планете и готов честно отстаивать священное право людей — право на жизнь.

Сергей Леонидович ТИХВИНСКИЙ

(р. 1918) — специалист по новой и новейшей истории Китая и Японии, историографии, источниковедению и истории международных отношений на Дальнем Востоке, действительный член АН СССР, академик-секретарь отделения истории Академии наук, член Президиума АН СССР, ректор Дипломатической академии МИД СССР.

В 1939 окончил китайское отделение лингвистического факультета Ленинградского университета, в 1941 — Московский институт востоковедения. В 1945 защитил кандидатскую, а в 1953 — докторскую диссертации. В 1968 С. Л. Тихвинский избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1982 — академиком.

Основные научные интересы С. Л. Тихвинского: проблемы формирования китайской нации, идеологии китайского национализма, другие крупные проблемы истории Китая; русско-японские и советско-японские отношения, история международных отношений и внешней политики СССР.

Он автор свыше 300 опубликованных работ, в том числе монографий: «Движение за реформы в Китае в конце XIX века и Кан Ювэй», «Сунь Ятсен. Внешнеполитические воззрения и практика. (Из истории национально-освободительной борьбы китайского народа 1885—1925 гг.)», «История Китая и современность» и др. Принимал деятельное участие в подготовке многотомных коллективных трудов «Всемирная история», «История дипломатии», «История внешней политики СССР» и др. При его участии вышел в свет ряд сборников документов о внешней политике СССР, в том числе шеститомник «СССР на международных конференциях периода Великой Отечественной войны 1941—1945 гг.», а также документальные сборники об отношениях СССР с социалистическими странами, о советско-германских, советско-французских, советско-мексиканских отношениях, фундаментальная советско-американская публикация «Россия и США: становление отношений. 1765—1815», руководителем издания которой он был с советской стороны, трехтомник документов о русско-китайских отношениях в XVII—XVIII вв. и др.

С 1974 по 1982 он был главным редактором журнала «Новая и новейшая история».

С. Л. Тихвинский много внимания уделяет подготовке научных кадров, является председателем Национального комитета историков Советского Союза, членом комиссии по изданию дипломатических документов при МИД СССР, членом бюро Международного комитета исторических наук, первым заместителем председателя Центрального правления Общества советско-китайской дружбы. Иностранный член Академии наук ГДР, почетный член Академии Микеланджело во Флоренции.

Сергей Леонидович ТИХВИНСКИЙ

Наука международных отношений

Стремление почерпнуть из прошлого информацию, полезную для анализа и оценки современности, учитывать ранее случавшиеся прецеденты с давних пор было одной из первых функций исторического познания. Прежде всего ее использовали и используют политические руководители партий, государств и организаций, планирующие свою деятельность, исходя из прошлого опыта мировой политики.

Наиболее ярко эта функция проявляется в науке международных отношений, которой в большей мере, чем какому-либо иному направлению историографии, свойственна связь с современностью, стремление предвидеть и наметить перспективы будущего развития.

В этом плане представляется интересным и нужным показать, как советские ученые-международники оценивают происходящие ныне перемены в мире, в какой социально-политический и экономический контекст они ставят проблему разрядки, как они прогнозируют эволюцию международных отношений.

Одна из характерных черт духовной жизни современного общества состоит в возрастающей потребности прогнозирования его развития. «Чем больше усложняется современное общество, взятое в его глобальном измерении, — справедливо подчеркивает советский исследователь, доктор юридических наук Г. Х. Шахназаров, — чем более острые проблемы встают перед человечеством, тем очевидней потребность лучше видеть перспективу и основательней к ней готовиться»*.

При социализме выполнение этой задачи берет на себя Коммунистическая партия, интегрирующая умственный потенциал всего общества. В выступлениях руководящих деятелей КПСС и других братских партий, в материалах съездов партий, творчески развивающих марксистско-ленинскую теорию, содержится глубокий научный анализ явлений международной жизни в их взаимосвязи и развитии, характеристика будущих этапов мирового развития.

Вместе с тем в отличие от модных на Западе футурологических прогнозов на 100—200 и даже более лет, чаще всего оказывающихся неадекватными грядущей действительности, коммунисты «предсказывают» будущее лишь в той мере, в какой это позволяют сделать объективные черты настоящего. Выводы XXIV, XXV и XXVI съездов КПСС представляют собой результат точного учета и беспристрастного научного анализа тенденций социально-экономического и политического развития мира, анализа, выполненного на основе марксистско-ленинской методологии.

Одна из коренных проблем советской исторической литературы, посвященной современным международным отношениям, состоит в оценке новых факторов, возникших в мировой политике на рубеже 60—70-х годов, и в особенности исследовании опыта политики разрядки. Непреходящая актуальность этой темы определяется не только тем, что с разрядкой напряженности связаны надежды всего человечества, но и необходимостью критики враждебных буржуазных концепций разрядки, особенно обильно появляющихся в последнее время.

В частности, на Западе существует и пропагандируется точка зрения, что разрядка сама по себе не представляет ничего принципиально нового и что в истории международных отношений прошлых лет можно найти немало аналогичных периодов.

Основываясь на чисто внешнем сходстве, не принимая во внимание различий в социальном содержании международных отношений, авторы подобных аналогий как бы подводят читателя к выводу, что разрядка 70-х годов должна была быть столь же недолговечной сколько и «разрядки» прежних столетий. Разрядка в подобном толковании лишается исторического содержания, рассматривается вне рамок конкретных периодов

* *Г. Х. Шахназаров.* Грядущий миропорядок. М., Политиздат, 1981, с. 427.

в мировой истории*. Абсолютно не принимается во внимание авторами таких теорий тот решающий отпечаток, который накладывает на современную политику существование мировой системы социализма.

Некоторые западные историки пишут о «всплесках разрядки» уже в первые десятилетия после второй мировой войны, пытаясь тем самым принизить роль политики разрядки 70-х годов. Они игнорируют тот факт, что потепления в международных отношениях тех лет (после совещания глав правительств четырех стран в 1955 г., визита главы Советского правительства в США в 1959 г., трехстороннего договора 1963 г. о запрещении испытаний ядерного оружия) носили ограниченный и временный характер. Капиталистические государства в те годы считали себя достаточно могущественными, чтобы рассматривать их не более как элементы конъюнктурной политики. Иные условия сложились к концу 60-х годов, когда настойчивая борьба СССР и других стран социализма, всех миролюбивых сил за мир и ослабление напряженности привели к коренным переменам в международных отношениях. В этих условиях страны Запада силой объективных обстоятельств были вовлечены в процесс перестройки международных отношений. Ключевым фактором в этой связи явилось меняющееся соотношение сил на мировой арене.

Непрерывно растущая мощь и влияние мирового социализма, подъем международного рабочего движения, успехи национально-освободительной борьбы наряду с проявлением определенного политического реализма со стороны части буржуазных государственных деятелей открыли путь разрядке международной напряженности. И поскольку ее предпосылки носят исторически необратимый характер, постольку в долговременной перспективе необратим и процесс разрядки (что не исключает возможности подъемов и спадов, перерывов и пауз, сложностей и трудностей в движении по пути разрядки).

Определяющую роль в реализации разрядки международной напряженности сыграли СССР и другие социалистические страны. Этот вывод обосновывается в различных научных трудах, посвященных проблемам международных отношений, в том числе в таких фундаментальных обобщающих работах по советской внешней политике, как «История внешней политики СССР», в соответствующем томе «Истории дипломатии»*, в вышедших недавно коллективных монографиях «Дипломатия стран социализма» и «Внешняя политика и дипломатия зарубежных стран»**.

Огромная заслуга КПСС перед мировым социализмом, перед всеми миролюбивыми силами состоит в научном обосновании вывода об источниках и причинах возникновения на рубеже 60—70-х годов объективных возможностей для радикального оздоровления международной атмосферы. Успехи борьбы за мир и международное сотрудничество, за свободу и независимость народов были достигнуты в значительной мере в итоге или под непосредственным влиянием деятельности Советского Союза, всех стран социалистического содружества.

Социализм сыграл и играет важнейшую роль в перестройке международных отношений. Всемерно развивая экономические, политические, общественные связи внутри содружества, укрепляя его материальную и идеологическую мощь, руководство социалистических стран способствует углублению изменившегося соотношения сил на международной арене, а следовательно, и созданию объективных условий для развертывания разрядки. Примечательно и то, что между государствами социализма создан принципиально новый тип международных отношений, характеризующихся товарищеской взаимопомощью, уважением суверенитета и невмешательством во внутренние дела друг друга и другими чертами. Социалистическое содружество на современном этапе — не просто обычное объединение социально однотипных государств. Оно представляет «новую социально-историческую общность государств и народов». Причем, отмечается в «Дипломатии стран социализма», «речь идет о формировании межгосударственной общности самостоятельных наций и суверенных независимых государств, а не какого-то наднационального образования»***.

Социалистическое содружество, являя всему миру пример успешного функционирования системы межгосударственных связей, из которых исключены отношения господства и подчинения, насилия и диктата, оказывает немалое воздействие на политику других государств, в особенности развивающихся.

Страны социализма, играющие решающую роль в перестройке международных отношений, ведут активную согласованную борьбу за мир и международную безопасность.

---

* См., например: *R. Rosencrance.* Detente or entente? — Foreign Affairs. N. Y., 1975, vol. 53, № 3, p. 466; R. Pipes, *G. Urban.* USA—USSR: the recondition of detente. — Survey, L., 1975, vol. 31, № 1—2, p. 45; *W. Laqueur.* Detente: Western and Soviet Interpretation. — Survey, L., 1973, vol. 19, № 3, p. 75—76. (Цит. по: *Г. Х. Шахназаров.* Указ. соч., с. 108—109).

* См.: История внешней политики СССР. 1917—1980. В 2-х т. Под ред. А. А. Громыко и Б. Н. Пономарева. М., 1981; История дипломатии. Т. V, кн. 2. М., 1979; Социализм и международные отношения. М., 1975.

** См.: Дипломатия стран социализма. Под ред. А. А. Громыко. М., 1980; Внешняя политика и дипломатия зарубежных стран. М., 1980.

*** Дипломатия стран социализма, с. 51—52.

Исторический опыт доказывает правильность политики КПСС, других братских партий, направленной на сплочение мировой системы социализма.

Еще на заре Советской власти руководители Коммунистической партии предвидели, что наступит время, когда социализм выйдет за рамки одной страны, предсказали характерные черты мирового социалистического сообщества. В принятом после начавшейся Ноябрьской революции в Германии постановлении ВЦИК об аннулировании Брест-Литовского договора, подписанном в том числе В. И. Лениным и Я. М. Свердловым, заявлялось, что «в основу истинного мира народов могут лечь только те принципы, которые соответствуют братским отношениям между трудящимися всех стран и наций...

Построенные на этих основах отношения между народами... будут не только мирными отношениями. Это будет союз трудящихся масс всех наций в их борьбе за создание и укрепление социалистического строя на развалинах строя милитаризма, империализма и экономического рабства»*. Это предвидение сбылось, и после второй мировой войны новый тип отношений установился между народами СССР, Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Чехословакии, а также ряда других стран Европы, Азии и Америки.

Огромное влияние на развитие и совершенствование социалистических международных отношений оказывало и оказывает существование Советского Союза, созданного еще в 1922 г. равноправного сообщества свободных наций. После Октябрьской революции каждому из народов, входивших в Российскую империю, было предоставлено право свободного волеизъявления. Справедливые и равноправные отношения между народами единого государства предполагают, что и в своей международной политике оно будет исходить из принципов не господства и подчинения, а миролюбия, взаимопонимания и взаимовыгодного сотрудничества. Характер отношений, сложившихся между союзными республиками СССР, во многом явился прообразом отношений между государствами социалистического содружества, возникших после второй мировой войны.

История сотрудничества социалистических стран подробно раскрывается в ряде монографий советских авторов**. Много делают в этом плане и ученые братских стран социализма. Созданы также важные совместные работы историков из СССР и других социалистических государств. Но подробнее об этом — ниже.

Опыт истории показал, что тенденция к единству и сплоченности социалистических стран — это объективная закономерность реального социализма, основанная на глубинных процессах интернационализации производства и всей общественной жизни, интернационализации, ведущей в условиях управления государствами рабочим классом во главе с марксистско-ленинскими коммунистическими и рабочими партиями не к разъединению, а к сближению стран и народов.

Советские историки исследуют сферу экономического сотрудничества социалистических государств, углубляющийся процесс социалистической экономической интеграции, деятельность СЭВ. Совместными усилиями был сооружен газопровод «Союз» (Оренбург — Западная граница СССР), благодаря которому восточноевропейские государства могут получать природный газ из Советского Союза, осуществляется крупнейшая энергетическая программа строительства атомных электростанций, впечатляет и сотрудничество в области космических исследований (программа «Интеркосмос»). Эти и другие достижения наглядно свидетельствуют об успехах социалистической интеграции. Более чем в 3 раза возрос за 70-е годы объем торговли Советского Союза с другими странами содружества.

Важную роль играет международное социалистическое разделение труда, позволяющее заинтересованным странам более пропорционально вкладывать средства в отрасли народного хозяйства. В этом плане большое значение придается осуществлению двусторонних и многосторонних программ специализации и кооперирования производства.

Экономическая интеграция, являясь материальной основой сближения социалистических государств, создает условия и для координации их внешнеполитической деятельности. Специалисты-международники в своих работах рассматривают сотрудничество стран социализма в рамках Организации Варшавского Договора (ОВД), являющейся центральным органом координации*. В регулярно проводящихся совещаниях Политического консультативного комитета ОВД участвуют высшие руководители братских государств. С 1976 г. функционирует и Комитет министров иностранных дел.

В основе сотрудничества социалистических стран во всех областях лежит межпартийное сотрудничество, осуществляющееся в том числе и на высшем уровне. На встречах Генерального секретаря ЦК КПСС и других советских руково-

---

* Документы внешней политики СССР. Т. 1. М., 1957. с. 566.

** См., например: В интересах народов мира: внешнеполитическая программа XXV съезда КПСС в действии. Отв. ред. А. Л. Нарочницкий. М., 1980; *В. Б. Борисов. Г. Л. Розанов.* Творческое развитие XXVI съездом КПСС Программы мира. М., 1981; *К. И. Савинов.* Могучий фактор мира и стабильности в международных отношениях: к 25-летию Варшавского Договора. М., 1980; *Ш. П. Санакоев, Н. И. Капченко.* О теории внешней политики социализма. М., 1974.

* См.: *А. С. Бахов.* Организация Варшавского Договора. М., 1971.

дителей с партийными и государственными руководителями Болгарии, Венгрии, Вьетнама, ГДР, Кубы, Лаоса, МНР, Польши, Румынии, Чехословакии обсуждаются практически все важные вопросы развития стран социалистического содружества, их внешней политики.

Одной из характерных черт развития социалистического содружества является товарищеская взаимопомощь и совместная борьба в защиту социалистических завоеваний, реализация на практике принципа социалистического интернационализма. Братская помощь СССР и других стран социализма Чехословакии в 1968 г., всемерная поддержка народов Индокитая, ставших жертвами американской агрессии, — наглядные свидетельства этого.

События 70-х годов убедительно подтверждают правильность вывода КПСС о возрастании мирового влияния социализма как характерной черты современной эпохи.

Значительное место в трудах советских историков-международников занимает проблема Китая, анализ его внешней политики на современном этапе, его отношений с социалистическими странами. Внешняя политика КНР в период так называемой «культурной революции» 1966—1976 гг. и ряда последующих лет носила открыто гегемонистский, экспансионистский характер и представляла непосредственную угрозу для мира и территориальной целостности соседних народов.

В области внутренней политики в КНР после XII съезда КПК (сентябрь 1982 г.) происходят определенные позитивные изменения. В Китае существует социалистический общественный строй, социалистическая собственность на средства производства; поэтому имеется и объективная основа для изменения внешней политики КНР.

В связи с этим нам представляются необоснованными различные бытующие на Западе прогнозы, предсказывающие непрекращающуюся враждебность в отношениях между СССР и КНР. «Сейчас некоторые деятели капиталистических стран явно строят свои расчеты на том, что нынешние противоречия и отчуждение между Китайской Народной Республикой и Советским Союзом, другими странами социализма сохранятся надолго и даже обострятся в будущем. Нам думается, что это близорукая политика. Как бы не просчитались те, кто ее проводит», — отмечалось еще в 1977 г. в докладе «Великий Октябрь и прогресс человечества».

Советский Союз считает важным делом постепенное оздоровление и нормализацию отношений между двумя странами на основе здравого смысла, взаимного уважения и взаимной выгоды. Товарищ Ю. В. Андропов, отвечая на вопросы газеты «Правда», в частности, сказал: «Оздоровление отношений между СССР и КНР приобретает особую важность и актуальность в условиях нынешнего обострения международной обстановки. Мы уверены, что объективно интересы советского и китайского народов не расходятся в том, что касается устранения военной опасности и упрочения мира. Не говоря уже о том, что мир является идеалом социализма, у обеих наших стран есть большие долгосрочные хозяйственные задачи, для успешного решения которых необходимы благоприятные внешние условия»*.

Социалистическое содружество — основная сила борьбы за мир и международную безопасность и одновременно — движущая сила мирового революционного процесса. Эти два положения непосредственно взаимосвязаны. Страны социализма справедливо полагают, что наибольших успехов международное рабочее и национально-освободительное движение могут добиться в мирных условиях.

История показывает, что империалистические войны и агрессии всегда влекли за собой волну внутриполитической реакции, отмену демократических свобод, запрещение коммунистических партий, жесточайшее подавление всех выступлений рабочего класса.

Реальный социализм ведет борьбу за социальный прогресс и преобразование мира, в том числе и посредством своей внешней политики. Этот вопрос подробно рассматривается в коллективной монографии «Движущие силы мирового революционного процесса». В ней справедливо утверждается, что одним из факторов, обусловливающих социализм как ведущую силу мирового революционного процесса, является его последовательная внешняя политика, «конструктивное воздействие на всю систему международных отношений, содействующее упрочению мира и безопасности, решению спорных вопросов путем переговоров»**.

Коренные изменения в соотношении сил в пользу социализма усиливают его влияние на рабочее движение в странах капитализма. Экономическое сотрудничество между государствами с различным общественным строем оказывает позитивное влияние на положение рабочего класса. Разрядка напряженности позволяет легче бороться против влияния антикоммунизма и антисоветизма на трудящихся буржуазных стран, создает благоприятные возможности для активизации рабочего движения, деятельности коммунистических и рабочих партий.

Особое направление внешней политики СССР и других стран социализма составляют сотрудничество с освободившимися государствами, поддержка народов, отстаивающих свою независимость. Этим воплощаются на практике важные

* Правда, 1983, 27 августа.

** См.: Движущие силы мирового революционного процесса. М., 1981, с. 85—86.

теоретические выводы В. И. Ленина, еще в 1913 г. предрекавшего, что «пробуждение Азии и начало борьбы за власть передовым пролетариатом Европы знаменуют... новую полосу всемирной истории»*. Ее главная черта — слияние социалистического и национально-освободительных движений в единый революционный поток.

Поддерживая национально-освободительное движение развивающихся стран, социалистические государства учитывают, что во многих развивающихся странах у власти стоят представители национальной буржуазии, которая выступает против империализма лишь постольку, поскольку он всячески стремится к экономической эксплуатации и закабалению освободившихся стран.

Важным фактором мирового развития является существование значительной группы стран социалистической ориентации, в которых у власти находятся революционно-демократические силы, сознательно направляющие развитие процессов социально-экономической и политической жизни по прогрессивному пути.

Политика социализма по отношению к освободившимся государствам определяется принципом пролетарского интернационализма и принципом мирного сосуществования в зависимости от социальной ориентации той или иной страны. В советской исторической литературе особенности союза социализма с национально-освободительным движением наиболее подробно и полно исследованы в работах доктора исторических наук Р. А. Ульяновского**. В связи с перспективами развития отношений социалистических стран с национально-освободительными силами, освободившимися государствами специалисты-международники обращают особое внимание на следующие моменты, которые объективно способствуют упрочению этих отношений в целом как глобального антиимпериалистического фактора мировой политики.

1. Поворот к разрядке международной напряженности облегчает развивающимся странам развертывание борьбы за упрочение политической и становление экономической самостоятельности, постепенно устраняет неоколониалистскую практику империалистических держав в ее наиболее грубой циничной форме***. Социалистические страны поддерживают требование освободившихся государств о новом международном экономическом порядке, свои отношения с ними строят на справедливой, демократической основе.

2. Превращение национально-освободительного движения в особую общественно-политическую силу, которая, несмотря на сложную классовую основу, в целом играет прогрессивную роль в международных делах. Наглядное свидетельство этого — движение неприсоединившихся государств, выработавшее общую программу антиимпериалистического и антивоенного характера. Позиции социалистических и развивающихся стран по многим важнейшим вопросам международной жизни совпадают или же являются сходными. Они не раз предпринимали совместные внешнеполитические акции, в частности в рамках Организации Объединенных Наций. Советский Союз выступает за повышение роли в международных делах государств, освободившихся от колониального или полуколониального гнета, вставших на путь независимости и прогресса, и считает, что политика этих стран может оказывать благотворное воздействие на обстановку в мире.

3. Интернационалистская помощь СССР, социалистического содружества молодым государствам, которые подвергаются внешней агрессии с целью ликвидировать в них прогрессивные социальные завоевания. В случае необходимости оказывается не только морально-политическая, но и военная поддержка.

В ближневосточном конфликте веское слово Советского Союза не раз становилось тем доводом, который заставлял агрессоров идти на попятную. Только благодаря советской помощи удалось не допустить осуществления интервенционистских замыслов империализма по отношению к Афганистану. Советское оружие и кубинские добровольцы позволили Анголе отстоять свою независимость в 1976 г. Перечень подобных примеров можно было бы продолжить.

Советские историки уделяют особое внимание проблеме оказания интернационалистской помощи освободившимся государствам, так как именно этот вопрос чаще всего используется буржуазными политологами для извращения внешней политики социализма. Они склонны говорить об «экспорте революции», даже об «агрессии» со стороны того или иного социалистического государства. Между тем СССР, другие социалистические страны отнюдь не «навязывают истории угодное им направление развития», а содействуют объективно неизбежному процессу, развивающемуся в соответствии с закономерностями истории. Нелепо «приписывать социализму ответственность за любые проявления освободительной борьбы...»*

---

* *В. И. Ленин.* Полн. собр. соч., т. 23, с. 146.

** См.: *Р. А. Ульяновский.* Очерки национально-освободительной борьбы. Вопросы теории и практики. М., 1976; *его же.* Социализм и освободившиеся страны. М., 1972; *Л. Д. Владимирова, В. А. Лихачев, В. Г. Графский.* Государства социалистической ориентации. Отв. ред. Р. А. Ульяновский. М., 1975.

*** См.: *К. Н. Брутенц.* Современные национально-освободительные революции (Некоторые вопросы теории). М., 1974. *Г. Ф. Ким.* От национального освобождения к социализму: социально-политические аспекты современных национально-освободительных революций. М., 1982; Социалистическая ориентация освободившихся стран. М., 1982. *А. С. Кодаченко.* СССР и развивающиеся страны. М., 1982.

* *Г. Х. Шахназаров.* Грядущий миропорядок, с. 79.

Однако Советский Союз никогда не оставался безучастным, когда внешняя контрреволюция, империалистические державы или же расистский режим Южно-Африканской Республики беспощадно расправлялись с революционными завоеваниями тех стран, которые в силу естественного развития и свободного волеизъявления масс избрали путь социалистического прогресса.

Независимо от тех или иных тенденций в социальном развитии освободившихся государств, сил национально-освободительного движения объективные обстоятельства свидетельствуют, что их союз с социализмом будет крепнуть и впредь.

Состоявшийся в 1982 г. визит в Советский Союз премьер-министра Республики Индия, играющей важную роль в движении неприсоединения, переговоры Индиры Ганди с советскими руководителями еще раз доказали сходство взглядов СССР и освободившихся государств на животрепещущие проблемы международной жизни. На пресс-конференции в Москве И. Ганди, говоря о советско-индийской дружбе, подчеркнула, что она служит не только взаимной выгоде, но и делу международного мира. «...Точки зрения двух стран на многие международные вопросы схожи. СССР — друг движения неприсоединения, которое приветствует его роль в деле защиты мира»*.

Позитивное значение имеет также экономическая помощь социалистических стран развивающимся странам. Так, в настоящее время в Азии и Африке более 40% чугуна и 30% стали выплавляется на предприятиях, построенных с помощью СССР. В Индии на предприятиях, построенных при экономическом и техническом содействии СССР, производится 80% металлургического оборудования, 60% тяжелого электрооборудования, 30% лекарств, добывается 60% и перерабатывается 30% индийской нефти.

Проблемы мира и международной безопасности в значительной степени зависят от того, как будут развиваться отношения Советского Союза с капиталистическими государствами. Многочисленные монографии посвящены различным аспектам данной темы: двусторонним отношениям СССР с буржуазными странами в послевоенный период, и прежде всего в 70-е годы**, вопросам материализации разрядки в экономической и военной областях***. Наиболее подробное освещение теоретические и практические проблемы разрядки получают в упоминавшихся уже II томе «Истории внешней политики СССР» и второй книге V тома «Истории дипломатии», а также в некоторых специальных работах. В советской исторической литературе можно найти детальное описание всех конкретных событий международной жизни 70-х годов: двусторонних и многосторонних переговоров, выдвижения внешнеполитических инициатив, официальных визитов, обстоятельств рождения международных документов, составивших договорно-правовую структуру разрядки.

Последние десятилетия воочию доказали, что мирному сосуществованию государств с различными социально-политическими системами альтернативы нет. Именно поэтому большинство советских историков-международников придает чрезвычайное значение анализу этого важнейшего ленинского принципа внешней политики социализма. Так, доктор исторических наук Ш. Санакоев и кандидат исторических наук Н. Капченко в своей книге «Внешняя политика и борьба идей» подчеркивают, что политика СССР, приверженная этому принципу, «с полным правом может рассматриваться как составная часть интернационального долга советского народа» перед международным рабочим классом и всеми трудящимися Земли*.

Ленинская концепция мирного сосуществования как один из основополагающих принципов советской внешней политики учитывает два аспекта решения ключевых вопросов современности, прежде всего войны и мира: «во-первых, речь идет об объективной возможности и необходимости строить и развивать отношения с капиталистическими странами на мирных началах; а во-вторых, о необходимости обеспечить такие условия, когда бы эта объективная возможность была реализована на практике»**. Само по себе изменившееся к началу 70-х годов соотношение сил в мире не могло автоматически привести к перестройке международных отношений. Требовалась целенаправленная деятельность на основе реальных законов исторического развития. Как известно, эту миссию взяла на себя Коммунистическая партия Советского Союза. Программа мира, выдвинутая ее XXIV съездом, продемонстрировала не только глубокий научный анализ современного мирового развития, но и непоколебимую веру в силу, стойкость и последовательность внешней политики КПСС и Советского государства, ее способность осуществить поставленные задачи. Как показало время, Программа мира, развитая и дополненная на XXV и XXVI съездах КПСС, имеет непреходящее значение для

---

* Правда, 1982, 23 сентября, с. 4.

** См.: *Ю. В. Дубинин, В. Н. Келин.* СССР—Франция. Опыт сотрудничества. М., 1979; *Р. Ф. Алексеев.* СССР — ФРГ: прошлое и настоящее. М., 1980; *Н. К. Капитонова, В. Г. Трухановский.* Советско-английские отношения 1945—1978. М., 1979.

*** См.: За материализацию разрядки. Экономические аспекты. М., 1980; *А. А. Рощин.* Международная безопасность и ядерное оружие. М., 1980; *В. И. Устинов.* Борьба СССР за запрещение новых видов оружия массового уничтожения. М., 1982.

* *Ш. П. Санакоев, Н. И. Капченко.* Внешняя политика и борьба идей. М., 1981, с. 83.

** *Там же,* с. 135.

оценки перспектив развития международных отношений.

Глубокая характеристика отношений Советского Союза с капиталистическими государствами в контексте развития разрядки напряженности дана во II томе «Истории внешней политики СССР». Особое внимание в нем уделяется советско-американским отношениям, обеспечению безопасности в Европе и созыву общеевропейского Совещания в Хельсинки, борьбе за разоружение. Эти вопросы, безусловно, являясь центральными в реализации разрядки, подробно рассматриваются и в других книгах: «СССР и проблемы межгосударственного сотрудничества» (М., 1980), «СССР в мировой политике 1917—1980 гг.» (автор доктор исторических наук Н. И. Лебедев. М., 1980), «В интересах народов мира» (М., 1980), «Советский Союз и Организация Объединенных Наций. 1971—1975» (М., 1981). В них подчеркивается ряд существенных сторон политики разрядки 70-х годов:

1. Договорно-правовое закрепление принципов мирного сосуществования: советско-французское соглашение об основах взаимоотношений между СССР и Францией (1971), аналогичное советско-американское соглашение (1972), договоры СССР, ПНР и ЧССР с ФРГ, соответствующие статьи в советско-английских и других международных документах. И главное — Заключительный акт Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе, подписанный в Хельсинки в 1975 г.

2. Материализация разрядки, т. е. наполнение ее живой тканью экономического сотрудничества. За 1970—1979 гг. товарооборот СССР с промышленно развитыми капиталистическими странами увеличился в 5,5 раза. Качественно новый момент торгово-экономических отношений — их долгосрочный характер, крупномасштабность. Практически со всеми западноевропейскими странами, в том числе с Францией, ФРГ, Финляндией, Советский Союз имеет такие соглашения и программы сотрудничества на 10—15 лет. Это обусловливает значительную устойчивость экономических отношений между разными социально-политическими системами.

3. Ограничение гонки вооружений и разоружение. Советско-американские договоры ОСВ-1 и ОСВ-2 (последний не был ратифицирован США), ряд соглашений о предотвращении ядерной войны, нераспространении ядерного оружия, ограничении подземных ядерных взрывов, запрещении бактериологического оружия и некоторые другие сыграли, несомненно, позитивную роль. Значительное число резолюций по вопросам разоружения принято в Организации Объединенных Наций. Но огромная разрушительная мощь накопленного на планете термоядерного оружия, способного многократно уничтожить все население Земли, разработка новейших видов оружия массового уничтожения — нейтронной бомбы, использование инфразвука, генной инженерии и других достижений науки в антигуманных целях — все это требует проведения в области разоружения мер более радикальных и решительных*.

Совéтские историки в своих трудах показывают, какую титаническую деятельность ведет СССР в этом направлении. Если бы его реалистичные инициативы в сфере разоружения не торпедировались империалистическими державами, США в первую очередь, то смертельная опасность для мира могла бы быть уже ликвидирована.

Политическая разрядка, по существу, осталась не подкрепленной разрядкой военной. Это сделало ее в определенной степени уязвимой к контрнаступлению сил империализма и реакции. И когда к концу 70-х годов руководство США взяло курс на свертывание разрядки, ухудшение отношений с Советским Союзом и другими социалистическими странами, гонка вооружений была избрана в качестве одного из главных орудий американской политики.

Двойное решение НАТО, принятое в декабре 1979 г. и содержащее в том числе план размещения на европейской территории новых ядерных ракет средней дальности, а также начавшееся производство в США нейтронной бомбы, крылатых ракет, подводных ракетно-ядерных систем «Трайдент» и т. д. могут в перспективе нарушить одно из главнейших условий разрядки — военно-стратегическое равновесие сил между СССР и США, в целом между социалистической и капиталистической общественными системами.

Какие причины лежат в основе отхода американской внешней политики и реакционных кругов НАТО от принципов разрядки?

С позиций марксистско-ленинской науки естественно прежде всего искать истоки этих причин во внутреннем развитии капитализма. Так, одной из них, как справедливо отмечается авторами книги «Творческое развитие XXVI съездом КПСС Программы мира» (М., 1981), является углубление социальных и экономических противоречий в империалистических странах.

Еще в Отчетном докладе ЦК КПСС XXIV съезду партии был сделан вывод о том, что общий кризис капиталистического развития продолжает углубляться**. События последних 10 лет полностью его подтверждают. За это время экономика мирового капитализма пережила три крупнейших спада производства. Невиданными темпами растет инфляция. Резервная армия труда в буржуазных странах насчитывает около 20 млн. безработ-

* См.: Мир и разоружение. Научные исследования. М., 1980.

** См.: Материалы XXIV съезда КПСС. М., 1971, с. 15.

ных. Империализм все больше и больше демонстрирует свою неспособность решать насущные социально-экономические проблемы. Свидетельство тому — неудача, постигшая так называемую политику «рейганомики», которая рассчитывала оживить производство в числе других методов путем отказа (или частичного отказа) от средств государственно-монополистического регулирования. Однако добиться сегодня такого же расцвета капитализма, который сопутствовал ему во времена фритредерства, — несбыточная мечта. Если тогда буржуазный строй развивался по восходящей линии, то сейчас он переживает время своего заката.

Перед лицом ослабления международных позиций империализма, ростом трудностей в экономической, социальной, внутриполитической сфере резко возрастает агрессивность внешней политики империализма, и прежде всего США.

Вместе с тем одной этой причины недостаточно, чтобы объяснить усиление реакционных тенденций в международной политике империализма. Ведь можно рассуждать и так: ослабление позиций мировой системы капитализма должно как раз вынудить ее пойти навстречу социализму в решении назревших экономических и политических проблем. Очевидно, необходимо принять во внимание и усиливающиеся в период обострения общего кризиса капитализма противоречия между двумя группами буржуазии, о существовании которых писал в свое время В. И. Ленин: агрессивно-буржуазной или «грубобуржуазной», и «пацифистской», трезвомыслящей*.

Было бы наивно думать, что политика администрации Рейгана отражает интересы всей американской, а тем более всей международной буржуазии. Мелкие, средние и даже многие крупные капиталисты США, Англии, Франции, ФРГ, Японии и других стран в экономическом отношении немало выиграли от процесса разрядки. Однако политическая власть Соединенных Штатов выражает интересы крупнейшего монополистического капитала, тесно связанного с военно-промышленным комплексом и многонациональными корпорациями, капитала наиболее реакционного и агрессивного, стремящегося к мировому господству. В этой связи приобретает особое значение научный анализ тех объективных экономических и политических факторов, которые сегодня определяют поведение правящих кругов империалистических стран, в первую очередь, — фактора вывоза капитала. Всестороннему исследованию этой темы посвящен новый фундаментальный труд «Внешняя экспансия капитала. История и современность»**. Его автор — член Политбюро ЦК КПСС, первый заместитель Председателя Совета Министров СССР, министр иностранных дел СССР, доктор экономических наук А. А. Громыко на примере эволюции прежде всего американского империализма обоснованно рассматривает экспорт капитала как орудие экспансии монополий, как основу глобальных притязаний США, как средство неоколониализма.

В период разрядки произошло резкое сужение сферы влияния монополистического капитала в результате частичного исключения из практики международных отношений наиболее грубых методов внешней политики капитализма. И в результате на наших глазах предпринимается попытка, обреченная, с исторической точки зрения, но способная нанести ощутимый вред делу мира в настоящее время.

За усилением негативных тенденций в американской внешней политике ощущается нажим наиболее агрессивных сил империализма, военных и военно-промышленных кругов, политиков, погрязших в антисоветизме. Отмеченные на XXVI съезде КПСС новые особенности нынешнего этапа общего кризиса капитализма — резкое возрастание роли военно-промышленного комплекса, транснациональных корпораций — также способствуют активизации этих агрессивных сил*.

Одна из причин отхода от разрядки правящих кругов некоторых империалистических держав заключалась также в их разочарованности ее плодами. Останавливаясь на этом вопросе, доктор исторических наук Н. И. Лебедев справедливо подчеркивает, что на Западе рассчитывали, будто «в соответствии с пресловутой теорией «конвергенции» двух систем разрядка приведет к эволюции социалистического строя в Советском Союзе и в других социалистических странах, к их постепенному сползанию в сторону буржуазных порядков», и «смягчение международной напряженности послужит толчком к разложению социалистического содружества»**. Этого, естественно, не произошло. Напротив, разрядка способствовала распространению марксистско-ленинской идеологии и крушению идеологических устоев Запада, успехам национально-освободительного движения, патриотических и прогрессивных сил в развивающихся странах. Все это не устраивало империалистическую реакцию, и сегодня она тянет мир к временам «холодной войны». Ливанский кризис, события в Центральной Америке, вооруженное вмешательство во внутренние дела Афганистана, срыв переговоров по ограничению и сокращению вооружений и вооруженных сил в Европе (двусторонних советско-американских по вопросам ракетно-ядерного оружия средней дальности и стратегического оружия в Женеве и многосторонних в

* *В. И. Ленин.* Полн. собр. соч., т. 44, с. 407—408.

** *А. А. Громыко.* Внешняя экспансия капитала. История и современность. М., Мысль, 1982.

* См.: Материалы XXVI съезда КПСС, с. 79.

** *Н. И. Лебедев.* СССР в мировой политике 1917—1980 гг., с. 309—310.

Вене) и другие факты свидетельствуют о возрождении надежд империализма на грубую силу.

Существуют ли в связи с этим у разрядки хоть какие-нибудь перспективы?

Сегодня большинство буржуазных политологов негативно отвечает на этот вопрос, причем возлагает вину за «крах» разрядки на Советский Союз. В этой связи вновь и вновь муссируется миф о советской «угрозе», даже о советском «экспансионизме» и «империализме», которые якобы мешают западным странам наладить взаимовыгодные и доброжелательные связи с СССР.

Вместе с тем становится заметной и иная тенденция: многие видные западные ученые постепенно приходят к пониманию необходимости трезво оценивать создавшееся в мире положение и пути разрешения жизненно важных международных проблем (к их числу относится, в частности, видный американский историк Дж. Кеннан (J. Kennan), специалист в области американо-советских отношений).

Представители реалистического направления в буржуазной науке международных отношений обычно далеки от классового анализа, что не позволяет им дать в полной мере объективную оценку возможностям развития отношений государств с различными социальными системами, однако они понимают всю пагубность курса на открытую конфронтацию с социалистическими государствами, нагнетание гонки вооружений, возвращение к временам «холодной войны» и приходят к логическому выводу о том, что политике мирного сосуществования нет разумной альтернативы.

Разрядка была вызвана к жизни не желанием того или иного государства, а объективными факторами (изменением в соотношении сил на мировой арене, военно-стратегическим паритетом между СССР и США). Они существуют по-прежнему, а значит, и сохраняется объективная основа для разрядки. Что же касается попыток США навязать Советскому Союзу гонку вооружений и опередить его в этой области, то совершенно очевидно, что Советское государство в случае необходимости предпримет ответные меры. Как показывает послевоенная история, СССР всегда находил средства, чтобы нейтрализовать агрессивные приготовления американского империализма.

Нет сомнений, что в историческом плане разрядка неизбежна. Она отнюдь не была «случайным эпизодом в трудной истории человечества, — подчеркивает Ю. В. Андропов. — Нет, политика разрядки — отнюдь не пройденный этап. Ей принадлежит будущее»*. Эта точка зрения лежит в основе той внешней политики, которую последовательно проводят Коммунистическая партия и Советское государство. Об этом свидетельствуют мирные инициативы СССР. Сохраняет свою актуальность обязательство СССР не применять первым ядерного оружия и предложение принять такие обязательства всем державам «ядерного клуба». Многие государственные деятели Запада, извращая сущность советской инициативы, утверждают, что она нужна Советскому Союзу для того, чтобы развязать войну с помощью обычных вооружений. На совещании Политического консультативного Комитета государств — участников Варшавского Договора 4—5 января 1983 г. была принята Политическая декларация, в которой было выражено намерение социалистических стран заключить с государствами НАТО договор о взаимном неприменении силы. Такое предложение социалистических стран полностью опровергает и это ухищрение сторонников гонки вооружений.

Нормализация советско-американских отношений по-прежнему неразрывно связана с обеспечением безопасности в Европе. На женевских переговорах, посвященных данному вопросу, США занимали неконструктивную позицию, фактически препятствуя достижению взаимоприемлемого компромиссного соглашения. Именно этой цели служили «нулевой», «промежуточный» и другие «варианты» администрации Рейгана. А в ноябре 1983 г. США и выступающие заодно с ними западные страны, действуя вопреки воле собственных народов и вопреки интересам безопасности своих стран, а также вопреки интересам европейского и всеобщего мира, начали размещение американских ракет средней дальности на территории ФРГ, Великобритании и Италии. В результате этого возрастает реальная опасность того, что США навлекут на народы Европы катастрофу. Если Европа уже почти сорок лет живет в условиях мира, то это благодаря огромному вкладу в дело мира Советского Союза и стран социалистического содружества, усилиям миролюбивых сил континента, а также реалистической позиции здравомыслящих политических деятелей на Западе.

Особо следует отметить такой фактор, как сложившееся в Европе примерное равновесие военных сил, в том числе ядерных, между государствами Североатлантического союза и государствами Варшавского Договора, которое объективно служит делу европейской безопасности и стабильности. Именно его и пытаются теперь ликвидировать США и НАТО в целом.

Размещая американские «Першинги» и крылатые ракеты на Европейском континенте, в непосредственной близости от границ Советского Союза и его союзников, руководители США и государств Западной Европы, видимо, рассчитывают на то, что таким образом удастся создать ракетно-ядерную основу для проведения объявленного

* Материалы Пленума Центрального Комитета КПСС, 22 ноября 1982 г., М., Политиздат, 1982, с. 20.

Вашингтоном «крестового похода» против социализма как общественной системы. Однако подобные расчеты иллюзорны. Еще 28 июня 1983 г. высшие партийные и государственные руководители семи социалистических стран заявили на состоявшейся в Москве встрече, что ни при каких обстоятельствах не допустят военного превосходства блока НАТО над странами Варшавского Договора.

Приверженность Советского Союза миролюбивой ленинской внешней политике, принципиальному курсу на прекращение гонки вооружений, прежде всего ядерных, на уменьшение и в конечном счете полное устранение угрозы ядерной войны вновь получила подтверждение в Заявлении товарища Ю. В. Андропова, авторитетно и веско прозвучавшем на всю планету в ноябре 1983 г.

Товарищ Ю. В. Андропов заявил, что Советский Союз считает невозможным свое дальнейшее участие в женевских переговорах по ядерным вооружениям в Европе. В создавшихся условиях они были бы лишь прикрытием для направленных на подрыв европейской и международной безопасности действий США и ряда других стран НАТО. Отменяются взятые на себя Советским Союзом в одностороннем порядке обязательства, имевшие своей целью создание более благоприятных условий для достижения успеха на переговорах. В частности, отменяется мораторий на развертывание советских ядерных средств средней дальности в европейской части СССР. По согласованию с правительствами ГДР и ЧССР будут ускорены начатые некоторое время назад подготовительные работы по размещению на территории этих стран оперативно-тактических ракет повышенной дальности.

Эти ответные меры выдерживаются строго в тех пределах, которые диктуются действиями стран НАТО. Советский Союз не стремится к военному превосходству, и нами будет делаться лишь то, что совершенно необходимо, чтобы военное равновесие не оказалось нарушенным.

В Заявлении — призыв к руководителям США и стран Западной Европы еще раз взвесить все последствия, которыми грозит их собственным народам, всему человечеству реализация планов развертывания новых американских ракет в Европе. Если США и другие страны НАТО проявят готовность вернуться к положению, существовавшему до начала размещения в Европе американских ракет средней дальности, Советский Союз будет также готов сделать это. В этом случае обрели бы вновь силу и внесенные нами ранее предложения по вопросам ограничения и сокращения ядерных вооружений в Европе. Возобновили бы свое действие и отмененные ныне односторонние обязательства СССР в этой области.

«Советский Союз убежден, что мир может быть упрочен и безопасность народов гарантирована не путем наращивания все новых видов вооружений, а, наоборот, путем сокращения существующих вооружений до неизмеримо более низких уровней... Достижение договоренностей о радикальном сокращении ядерных и других вооружений было бы благом для всех народов»*.

В 70-е годы между социалистическими странами и странами Запада сложилась устойчивая структура экономических отношений, экономического сотрудничества, которая в период ослабления разрядки не позволяет моментально «свернуть» ее, повинуясь чьей-либо прихоти. Это сотрудничество выгодно не только социализму, но прежде всего капиталистическим государствам. В коллективной монографии «За материализацию разрядки» подчеркивается, что «Советский Союз, как широко признано на Западе, является надежным стабильным партнером, и при той неустойчивости, которая характерна для современной капиталистической экономики, отношения с Советским Союзом играют роль стабилизирующего фактора в международных экономических отношениях»**. Не удивительно, что тактика Соединенных Штатов, направленная на разрыв советско-западноевропейских экономических связей, встретила стойкое сопротивление европейских государств. Их позиция по вопросу о контракте «газ — трубы» — наиболее яркое тому подтверждение. Успешное завершение строительства газопровода Сибирь — Западная Европа стало наглядным свидетельством возможности эффективного сотрудничества стран с различными общественными системами.

В мире имеется ряд общечеловеческих, так называемых глобальных, проблем, настоятельно требующих своего решения***. Главная из них — это, безусловно, проблема войны и мира, от решения которой зависит и решение всех остальных глобальных проблем. Если ее удастся решить, то откроются новые замечательные перспективы, возникнут предпосылки для решения многих других жизненно важных проблем, встающих в наше время перед человечеством в целом.

Характеристике глобальных проблем, оценке их роли в международных отношениях посвящен ряд научных исследований****. Их авторы убедительно говорят о реальной возможности решения проблем социально-экономической отсталости многих стран, охраны окружающей среды,

* Правда, 1983, 25 ноября.

** За материализацию разрядки. М., 1980, с. 9.

*** См. статью *Д. М. Гвишиани* «Системный подход к исследованию глобальных проблем» в ежегоднике «Наука и человечество. 1983». — *Ред.*

**** См., например: *А. К. Субботин.* Мировые экономические проблемы: перспективы и решения. М., 1980; Глобальные проблемы и международные отношения. Материалы научной конференции. М., 1981; *В. В. Загладин, И. Т. Фролов.* Глобальные проблемы современности: научный и социальный аспекты. М., 1981.

нехватки промышленного сырья, энергетических ресурсов, перенаселенности планеты, освоения космоса и других только усилиями всего человечества. Таким образом, само существование подобных проблем, их обострение по мере развития научно-технического прогресса противодействует тенденции свертывания международного сотрудничества и, наоборот, стимулирует его укрепление.

И наконец, все более важным фактором становится антивоенное движение, усиливающее свой размах и свою эффективность*.

Проблемы современного мирового развития находятся, как уже говорилось, в центре внимания ученых братских социалистических стран. Историография Болгарии, Венгрии, Германской Демократической Республики, Польши, Чехословакии, других социалистических государств активно и творчески развивает марксистские методологические принципы как основу научного, материалистического понимания истории. С этих позиций она подходит к исследованию закономерностей мирового революционного процесса, значения в нем социалистического содружества, международного рабочего и национально-освободительного движений, к осмыслению проблемы войны и мира в нашу эпоху. Естественно, что особое внимание национальные историографии уделяют роли своих государств в эволюции международных отношений**, укреплению социалистического содружества на основе принципов социалистического интернационализма. В исследовании различных аспектов этой темы очень важно и плодотворное сотрудничество ученых братских стран и Советского Союза. В частности, в содружестве с историками ГДР, МНР, НРБ и ЧССР были изданы коллективные монографии, посвященные истории двусторонних отношений СССР с этими государствами, их позитивному вкладу в мировую политику: «СССР — ГДР. Сотрудничество и сближение» (Москва — Берлин, 1979), «СССР — МНР. Сотрудничество и сближение» (Москва — Улан-Батор, 1981), «СССР — НРБ. Сотрудничество и сближение» (Москва — София, 1982), «СССР — ЧССР. Сотрудничество и сближение» (Москва — Прага, 1980). Ученые социалистических стран подробно рассматривают также вопросы развития мировой системы социализма, отношений с капиталистическими странами, разрядки международной напряженности, переговоров по разоружению и т. д***.

Историки Германской Демократической Республики раскрывают глубоко миролюбивый характер социалистической внешней политики, показывают возрастающее значение внешнеполитической деятельности ГДР, прежде всего в области обеспечения европейской безопасности*. Большую роль в этом плане играет научный коллектив Института международных отношений ГДР. В живую историю наших дней вводят читателя работы ученых ГДР по истории СЕПГ, ее братского союза с КПСС**.

Актуальное политическое значение имеют труды историков ГДР, посвященные анализу германского фашизма, выявлению его реакционной социальной и милитаристской сущности. Сквозь них красной нитью проходит убежденность в том, что фашизм, который всегда влечет за собой развязывание войн, не неизбежен. Преграду на его пути может поставить организованное рабочее движение в капиталистических странах в союзе со всеми антиимпериалистическими, демократическими силами мира, прежде всего с социалистическим содружеством***.

□

Своими трудами историк обязан предостерегать общество от повторения ошибок прошлого, показывать, что будущее человечества не заключается в его самоуничтожении, что перед ним открываются подлинно мирные способы развития по пути социального прогресса. Эти задачи занимают важное место в историографии современных международных отношений, и определяющий вклад в ее решение вносят историки Советского Союза, других социалистических стран.

Марксистская историческая наука дает подлинно научную оценку проявлению основных закономерностей всемирно-исторического развития в мировой политике сегодняшнего дня. Но ее задачи не сводятся к достижению чисто научных целей. Советская наука международных отношений выполняет важнейшую функцию воспитания народа Историей. Она вселяет в массы глубокий оптимизм, веру в правильность и действенность миролюбивой ленинской внешней политики.

---

* Исследование проблем движения общественных сил на современном этапе см в кн.: Общественность и проблемы войны и мира. М., 1977.

** См., например *Puja Frigyes.* Magyar Külpolitika. Budapest, 1980; *Ю. Захариева.* Народна Република България и международного разведряване. София, 1979.

*** См.: Двете Световни системи. Мирно съвместно съществуване икономическо съревнование и сътрудничество. София, 1980. Geschichte der sozialistischen Gemeinschaft. Berlin, 1981; *A. Czepurko.* Handel Wschod — Zachod. Rzeczywistosc i prognozy. Warshawa, 1977; *T. Fifka.* Videnska jednani [1973—1977]. Praha, 1978.

* См.: Внешняя политика ГДР — за социализм и мир. М., 1974.

** См.: История Социалистической единой партии Германии. Берлин, 1978; *Г. Хайтцер.* 30 лет СЕПГ — 30 лет боевого содружества с КПСС; *С. Дернберг.* Совместная борьба СЕПГ и КПСС за обеспечение европейской безопасности. — Ежегодник германской истории, 1977. М., 1978.

*** См., например: Исследование фашизма. Позиции, проблемы, полемика. Берлин, 1980.

Леонид Андреевич ИЛЬИН (р. 1928) — доктор медицинских наук, профессор, академик АМН СССР, директор Института биофизики Министерства здравоохранения СССР.

Окончил 1-й Ленинградский медицинский институт. Специалист в области радиобиологии, радиационной гигиены и противорадиационной защиты. Им опубликовано более 150 работ, в том числе 6 монографий по медико-биологическим проблемам ядерной энергии, защиты человека и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующей радиации, регламентации допустимых уровней радиоактивного облучения.

Л. А. Ильин — член Президиума АМН СССР, председатель Национальной комиссии по радиационной защите, заместитель председателя советского комитета «Врачи за предотвращение ядерной войны» при Президиуме АМН СССР. Автор многих исследований, посвященных медицинским и биологическим последствиям ядерной войны. В соавторстве с Е. И. Чазовым и А. К. Гуськовой опубликовал книгу «Опасность ядерной войны. Точка зрения советских ученых-медиков». Изданная на русском, английском, немецком, французском, испанском языках, эта книга стала важным вкладом в борьбу врачей мира за предотвращение ядерной войны.

Леонид Андреевич ИЛЬИН

Медики против ядерной войны

«Веление времени — исключить саму мысль об использовании ядерного оружия в любой форме и в любом масштабе. Ядерное оружие должно быть уничтожено, пока оно не уничтожило человечество...» Эти строки из Обращения участников II Международного конгресса движения «Врачи мира за предотвращение ядерной войны» к народам нашей планеты отражают глубокую озабоченность представителей самой гуманной профессии на Земле состоянием современной международной обстановки.

Мир переживает сложный период истории. Никогда будущему человечества не грозило оружие такой беспрецедентной разрушительной силы, как ныне.

Действительно, за пять с половиной тысяч лет своей истории человечество было свидетелем порядка 15 тыс. войн, унесших около 4 млрд. жизней. В настоящее время уничтожение почти тех же 4 млрд. жизней в результате тотальной термоядерной катастрофы может произойти в считанные дни.

Предупредить ядерное безумие! Этот призыв должен быть понятен каждому, но особенно близко он касается ученых-медиков и врачей, которым вверена забота о жизни людей. В силу своей профессии врачи относятся к той категории людей, которые наиболее отчетливо представляют, что может произойти на нашей планете, если не будет предотвращен новый стремительный скачок гонки вооружений и не будут поставлены преграды на пути военных приготовлений и дальнейшего нагнетания международной обстановки со стороны США и их западных партнеров по НАТО.

Международное движение врачей за предотвращение ядерной войны возникло как естественная реакция на события в сегодняшнем мире. За сравнительно короткий срок — всего немногим более двух лет — оно приобрело большой размах и резонанс в мире.

Напомним коротко основные вехи в истории этого движения.

Общность позиции, понимание особой ответственности врачей и ученых за сохранение жизни и здоровья людей предопределили успех первой инициативной встречи в Женеве в декабре 1980 г. американских и советских ученых-медиков, обсуждавших вопросы создания и организации движения врачей мира за предотвращение ядерной войны.

Участниками этой встречи были профессор Б. Лаун (Laun), доктора Д. Мюллер (Muller) и Э. Чевиан (E. Chivian) из США и их советские коллеги — академик Е. И. Чазов, академики АМН СССР М. И. Кузин и автор этих строк. Одним из итогов встречи было решение об организации и проведении Международного конгресса ученых-медиков и врачей.

Успех I Конгресса (США, Эрли-Хауз, март 1981 г.), в работе которого приняли участие представители медицинской общественности 11 стран Европы, Америки и Азии, побудил его организаторов провести II Конгресс в следующем, 1982 г. в Кембридже (Великобритания). На этом конгрессе присутствовали представители уже от 33 стран-участниц, что свидетельствует о росте авторитета этого движения в мире*.

В июне 1983 г. в Амстердаме состоялся III Конгресс медиков, который собрал представителей 43 стран. В настоящее время национальные организации движения медиков действуют в Англии, Венгрии, Канаде, Нидерландах, СССР, США, ФРГ, Чехословакии, Японии и других странах. Передовые врачи мира вливаются в антивоенное, антиракетное движение.

---

* См.: *Е. И. Чазов, Л. А. Ильин, А. К. Гуськова.* Опасность ядерной войны. Точка зрения советских ученых-медиков. М., АПН, 1982. На русском, английском, французском, немецком, испанском языках; *Е. И. Чазов.* Врачи за ядерное разоружение. — Международная жизнь, 1981, № 6, с. 67—78; *E. Chazov.* Physicians for Nuclear Disarmament. — In: Last Aid. The Medical Dimensions of Nuclear War. Intern. Physicians for the Prevention of Nuclear War/Ed. by E. Chivian et al., San Francisco, 1982, p. 16—22.

Одним из знаменательных итогов работы прошедших международных конгрессов было то, что их участники единодушно принимали обращения к руководителям США и СССР, к главам всех правительств, к Организации Объединенных Наций, к врачам и народам мира с призывами направить все свои усилия на предотвращение ядерной катастрофы.

В июне 1981 г. при Президиуме АМН СССР был создан советский комитет «Врачи за предотвращение ядерной войны», в состав которого вошли крупнейшие ученые-медики, специалисты в различных областях медицинской науки нашей страны. Председателем этого комитета был избран академик Е. И. Чазов, являющийся одновременно сопредседателем (совместно с профессором Б. Лауном) международного движения «Врачи мира за предотвращение ядерной войны». Национальные комитеты этой международной организации созданы во многих странах мира. Их деятельность уже сейчас координируется Международным комитетом.

Цели и задачи движения определяются позицией, нашедшей единодушное одобрение на инициативной встрече в Женеве, суть которой сводится к тому, что для каждого из более чем 3 млн. врачей, работающих на нашей планете, борьба против ядерной войны должна стать не только обязанностью честного, гуманного человека, но и профессиональным долгом. И действительно, если сегодня медицина провозглашает профилактику основой своей деятельности, то прежде всего необходимо думать о предупреждении самой чудовищной болезни, которая может поразить человечество, — ядерной войны.

Во многих странах (СССР, США, Канаде, Японии, Великобритании и других) состоялись национальные конференции врачей, на которых, как и на прошедших международных конгрессах, обсуждались возможные медицинские последствия ядерной войны. На этих встречах медиков были приняты резолюции и обращения, призывающие к прекращению гонки вооружений, запрещению ядерного оружия, в том числе и нейтронного. Например, на конференции молодых врачей ФРГ в Гамбурге (1982 г.), на которой присутствовало около 4 тыс. человек, были приняты решения не только с призывом запретить ядерное оружие, но и не допустить размещения американских ракет средней дальности в Европе.

Важно подчеркнуть принципиальную позицию, которую полностью разделяют участники международного движения: концепции так называемой ограниченной ядерной войны, пролонгированной войны с применением ядерного оружия, пропагандируемые на Западе, — это не что иное, как попытки превратить ядерную силу в «эффективный» рычаг для достижения внешнеполитических целей.

Логика современного ядерного военного конфликта такова, что начнись так называемый ограниченный ядерный конфликт где бы то ни было, он незамедлительно и неотвратимо перерастет в тотальную ядерную катастрофу. В этой войне не может быть победителей.

Один из активистов международного движения врачей профессор Дж. Гейгер (Geiger, США), давая показания в сенатской Комиссии по иностранным делам (США, ноябрь, 1981 г.), в частности, говорил: «Мы испытываем глубокую тревогу в связи с утверждением ответственных официальных лиц о возможности «победы» в ядерной войне, ведения «ограниченных ядерных войн», ядерных ударов в «демонстрационных целях». Сама идея того, что ядерная война может оставаться «ограниченной», нереалистична и не может быть подкреплена с точки зрения науки».

«Народы мира должны знать правду о том, к каким губительным для человечества последствиям привела бы ядерная война» — это положение, выдвинутое XXVI съездом КПСС, является одной из целей в борьбе за человеческое будущее, за которое борются и готовы бороться всегда советские врачи, представители медицинской науки.

Одна из важных задач движения врачей мира за предотвращение ядерной войны — информировать народы мира, медицинскую общественность, политических деятелей и руководителей о медицинских последствиях ядерной войны. Эта информация должна базироваться на объективных научных данных и исследованиях, соответствующих обобщениях, позволяющих иметь однозначное представление о реалиях ядерной войны с точки зрения ее последствий для жизни и здоровья людей и человеческого общества в целом.

В настоящее время в активе международного движения «Врачи мира за предотвращение ядерной войны» накоплен достаточно большой и весьма информативный научный материал о возможных медицинских и биологических последствиях ядерной войны.

В этом отношении значительный и общепризнанный вклад внесен исследованиями советских ученых-медиков, сотрудничающих как в рамках советского комитета и движения в целом, так и в плане международных организаций и, в частности, Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Остановимся несколько подробнее на этом аспекте деятельности советского комитета «Врачи за предотвращение ядерной войны».

Для получения объективных данных о характере и масштабах медико-биологических последствий ядерной войны необходимо иметь представление о всем многообразии событий и обстоятельств, которые неотвратимо возникнут в результате такой катастрофы. В свою очередь, эти сведения возможно почерпнуть прежде всего

на основе объективных оценок эффектов воздействия ядерного оружия на людей и среду их обитания.

Эти последствия, обусловленные поражающим действием ядерного оружия, не следует, как часто делается, ассоциировать с понятием «последствия ядерной войны», которое включает наряду с непосредственными эффектами применения ядерного оружия весь комплекс так называемых опосредованных, косвенных последствий ядерных взрывов: всеобщим опустошением, разрухой, дезинтеграцией экономики и социальных основ жизни общества; голодом, эпидемиями, возможным изменением климата и интенсивности ультрафиолетовой радиации солнца и т. п.

Классификация основных медико-биологических последствий ядерной войны, разработанная советскими учеными-медиками* и впервые доложенная на I Международном конгрессе, в определенной мере послужила основой для систематизации наших представлений в этой области.

На I, II и III международных конгрессах, в отечественной печати, радио и телевидении, в ряде зарубежных публикаций, в документах ВОЗ были подробно изложены результаты исследований советских ученых-медиков о ближайших и отдаленных последствиях применения ядерного оружия, в том числе нейтронного оружия, о косвенных эффектах ядерной войны, о психологических и социальных последствиях гонки вооружений, в том числе ядерных вооружений.

Так, например, были оценены ближайшие и отдаленные медицинские последствия в результате применения ядерного оружия большой единичной мощности для удара по городу с населением 1 млн. человек; медицинские последствия ядерной войны для населения Европейского континента и для населения всей Земли.

Результаты исследований, которые были выполнены советскими учеными-медиками, можно иллюстрировать следующими данными.

1. Оценка ближайших последствий для населения Европейского континента**.

Принимали следующие условия и допущения: численность населения, проживающего от побережья Атлантики до Уральских гор, — 670 млн. человек.

Сила ядерных ударов по территории суши континента принята равной 1000 Мт, т. е. всего 10% от суммарной мощности (10 000 Мт), которая использована в одном из американских сценариев ядерного конфликта путем обмена ядерными ударами между противоборствующими сторонами (США и СССР в Северном полушарии)*.

1000 Мт ядерных боеприпасов с единичной мощностью 1 Мт распределены следующим образом: 500 Мт в виде воздушных взрывов над крупнейшими городами Европы с населением более 100 000 человек, остальные 500 Мт — в виде наземных взрывов, равномерно распределенных по территории суши континента.

Итоги расчетов, в которых учитывались все поражающие факторы ядерных взрывов, включая локальные выпадения радиоактивных осадков после наземных взрывов, выявили ужасающую картину ожидаемой судьбы населения Европейского континента. Из 670 млн. жителей этой колыбели человеческой цивилизации около половины — 314 млн. человек могут стать жертвами ядерных взрывов. Из этого числа 100 млн. человек будут убиты практически немедленно, около 70 млн. человек погибнут от смертельного радиоактивного облучения за счет локальных осадков; почти 150 млн. человек будут ранены, обожжены или заболеют острой лучевой болезнью.

Эти массы пораженных, по сути, будут лишены эффективной медицинской помощи прежде всего из-за физической невозможности ее осуществления силами оставшихся в живых и немногих дееспособных в этой обстановке врачей и медицинских работников.

Выполненный советским комитетом анализ возможных последствий непосредственного воздействия ядерных взрывов для населения Европы представляется особенно актуальным в свете непрекращающихся попыток приспособить континент к ведению военных операций с использованием ядерных средств и размещения в Западной Европе новых американских ядерных систем стратегического назначения.

2. Ближайшие медицинские последствия тотальной ядерной войны**.

Приняты следующие допущения. Суммарная мощность ядерных ударов — 10 000 Мт. Процентное распределение ударов: Европа, Северная Америка, Азия — 90%, Южная Америка, Африка, Австралия с Океанией — 10%.

Распределение ядерных ударов — пропорционально численности населения континентов. 50% взрывов — воздушные, над крупнейшими городами, 50% ядерных ударов (по мощности) — в виде наземных взрывов, равномерно распределенных над сушей.

---

* См.: *L. Ilyin.* Evaluation of the Medical Consequences of a Nuclear Attack. — Ibid., p. 151—162.

** См.: *Л. А. Ильин.* Возможные медицинские последствия ядерной войны для населения Европейского континента: материалы II Международного конгресса «Врачи мира за предотвращение ядерной войны». Кембридж, Великобритания, 3—7 апреля 1982 г.; Proceedings of the Medical Association for Prevention of War, 1982, v. 3, p. 7, 324—327.

* См.: Долгосрочные глобальные эффекты массированного применения ядерного оружия. М., Атомиздат, 1977.

** См.: *Л. А. Ильин.* Медицинские последствия воздействия поражающих факторов ядерных взрывов. Доклад на Всесоюзной конференции советского комитета при Президиуме АМН СССР «Врачи за предотвращение ядерной войны». М., 6 декабря 1982 г.; Вестник АМН СССР, 1983, № 4, с 6—10.

В табл. 1 представлены сводные данные*, где приводится количество погибших и пораженных на каждом континенте. Как видно, в целом свыше половины населения земного шара станет жертвой тотального ядерного конфликта с примерно равным соотношением погибших и пораженных**. Другими словами, масштабы тотальной ядерной катастрофы только по острым непосредственным эффектам воздействия поражающих факторов ядерных взрывов могут характеризоваться гибелью трети человечества, а общее число жертв может достигнуть двух с лишним миллиардов жителей нашей планеты.

Здесь уместно обратить внимание на одно существенное обстоятельство. В рамках подготовки совместного раздела доклада экспертов ВОЗ, посвященного медицинским последствиям ядерной войны***, аналогичная расчетная работа независимо от нас была выполнена нашим соавтором, известным английским ученым, профессором Дж. Ротблатом (Rotblat), одним из активных участников Пагуошского движения ученых и движения «Врачи мира за предотвращение ядерной войны». Несмотря на несколько отличные методические подходы в этой работе, результирующие оценки медицинских потерь среди населения Земли оказались поразительно близкими. Этот факт свидетельствует в пользу определенной надежности теоретических оценок ожидаемых медицинских потерь в результате воздействия поражающих факторов ядерных взрывов на население.

3. Следующий цикл исследований, выполненных советским комитетом «Врачи за предотвращение ядерной войны», касался оценок так называемых отдаленных радиологических эффектов действия ядерных взрывов на население.

В настоящее время общепринято положение о том, что наиболее биологически значимыми отдаленными последствиями действия ионизирующих излучений на человеческую популяцию являются злокачественные опухоли у облученных людей и генетические нарушения у их потомков.

Основываясь на собственных расчетных данных об ожидаемых уровнях облучения населения за счет радиоактивных выпадений в результате ядерных взрывов (по различным сценариям применения ядерного оружия) и принимая в качестве основы для вычислений коэффициенты риска развития злокачественных опухолей и генетических нарушений в результате облучения, получили соответствующие данные. В табл. 2 приведены численные оценки отдаленных радиологических последствий за счет локальных и тропосферных осадков среди населения Северного полушария, оказавшегося за пределами очагов и зон острых поражений от наземных ядерных взрывов суммарной мощностью 5000 Мт.

Как видно из табл. 2, жертвами злокачественных опухолей со смертельным исходом в результате радиоактивного облучения может оказаться более 20 млн. человек. Расчеты показали, что порядка 1,6 млн. людей, облученных в утробе матери, могут погибнуть в дальнейшем от злокачественных опухолей. Более 6 млн. потомков облученных родителей будут обречены на страдания, обусловленные генетическими нарушениями.

4. На основании тщательного анализа научных данных о непосредственных и отдаленных последствиях взрывов атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки советские ученые-медики пришли, в частности, к заключению, что в результате ядерной войны сложившаяся веками оптимальная возрастная структура и здоровье грядущих поколений будут одномоментно нарушены. Особенно

* Эти данные легли в основу оценок ближайших последствий тотальной ядерной войны в докладе экспертов ВОЗ, подготовленном для Генеральной ассамблеи ВОЗ (май, 1983).

** Эти расчеты потерь от ядерных взрывов проведены по методам и табулированным значениям, заимствованным из следующих работ: Действие ядерного оружия. Пер. с англ. М., Воениздат, 1963; *Н. Д. Поникаров, В. И. Чумаков, А. П. Дуриков.* Что необходимо знать о ядерном оружии и защите от него. М., Атомиздат, 1965; Reference Scenario: How a Nuclear War Might Be Fought. Ambio. A Journal of the Human Environment. 1982, v. XI, № 2—3, p. 94—99.

*** См.: *Л. Ильин* и *Дж. Ротблат.* Ближайшие последствия применения ядерного оружия в войне (Международный комитет специалистов в области медицины и здравоохранения по осуществлению решения ВОЗ 34.38. Женева, 10—11 февраля 1983 г.).

Таблица 1

Ожидаемые медицинские последствия тотальной ядерной войны

Континент	Население	Мощность взрывов, МТ	Погибших	Пораженных	Всего
Европа	670	1650	249	193	442
Азия	2620	6450	717	783	1500
Северная Америка	363	900	89	55	144
Африка	468	640	50	33	83
Южная Америка	244	330	41	29	70
Австралия и Океания	22.6	30	3,6	2,5	6,1
Весь мир	~4390	10 000	1150	1095	2245

тяжело скажется это на так называемых критических группах населения (матери, дети), что породит своеобразную цепную реакцию длительно сохраняющегося искажения демографической ситуации и приведет к тяжелым, трудно количественно интерпретируемым последствиям для судьбы человеческой цивилизации.

5. Заключая изложение некоторых научных разработок советского комитета «Врачи за предотвращение ядерной войны», следует упомянуть об изучении возможных медико-биологических последствий применения нейтронного оружия — одного из наиболее изуверских средств уничтожения людей, созданного и запущенного в полномасштабное производство в США.

На основании расчетов зон (площадей) поражения людей при применении нейтронного оружия, с учетом высокой биологической эффективности нейтронного излучения, а также того неоспоримого факта, что в военном конфликте речь пойдет о применении множества нейтронных боеприпасов и не в безлюдной местности, а над густонаселенной территорией, однозначно доказано, что жертвами этого варварского оружия прежде всего станет гражданское население*. Кстати, данные по этому вопросу были впервые доложены академиком Е. И. Чазовым Международной неправительственной комиссии по проблемам разоружения, руководимой У. Пальме, и обнародованы до известного решения президента Рейгана о полномасштабном развертывании производства нейтронного оружия. На пресс-конференции У. Пальме подчеркнул, что с выводами ученых-медиков должна быть ознакомлена широкая общественность мира.

На состоявшейся в Москве в декабре 1982 г. Всесоюзной конференции советского комитета «Врачи за предотвращение ядерной войны» в докладе академика Е. И. Чазова были подведены итоги деятельности этой общественной организации в борьбе за предотвращение ядерной войны. Была убедительно продемонстрирована активная позиция советских медиков, их глубокая заинтересованность в судьбах мира на нашей планете.

На конференции, кроме уже упомянутого в сноске на с. 23 доклада автора этой статьи, были заслушаны доклады академиков АМН СССР М. И. Кузина («Возможности оказания медицинской помощи в условиях ядерной войны»), О. К. Гаврилова («Социально-гигиенические аспекты гонки вооружений»), Н. Н. Трапезникова («Отдаленные онкологические последствия ядерных взрывов»), Н. П. Бочкова («Генетические последствия применения ядерного оружия»), членов-корреспондентов АМН СССР М. Г. Шандала («Гигиеническая оценка последствий глобальной ядерной войны»), М. Е. Вартаняна («Психологические факторы гонки ядерных вооружений») и другие доклады; единодушно были приняты обращения к советским медицинским работникам и врачам мира.

Большую работу проводит Комитет по информации широкой советской и международной общественности по вопросам возможных медицинских последствий ядерной войны. Эти материалы, так же как и материалы конгрессов врачей, публикуются в СССР огромными тиражами в ведущих газетах и журналах, передаются по радио и телевидению. Две передачи Центрального телевидения СССР («9-я студия»), в ходе которых обсуждались вопросы, касающиеся медицинских последствий ядерной войны, борьбы врачей за предупреждение ядерной катастрофы, смотрели около 150 млн. советских людей.

Большой резонанс получила телевизионная передача встречи за «круглым столом» ведущих американских и советских ученых-медиков, обсуждавших проблемы борьбы врачей за предотвращение ядерной войны, организованная Центральным телевидением СССР*.

* См.: *Е. И. Чазов, Л. А. Ильин, А. К. Гуськова.* Опасность ядерной войны; *Л. А. Ильин.* О некоторых медико-биологических последствиях применения нейтронного оружия: доклад на конференции «Врачи ФРГ за предотвращение ядерной войны». Гамбург, 19—20 сентября, 1981.

* См.: To Avert Nuclear War: Soviet and US Physicians in a Round Table Discussion. Soviet Television, June 26, 1982. Moscow: Novosti Press Agency Publishing House, 1982.

Таблица 2

Ожидаемое число случаев злокачественных опухолей со смертельным исходом в результате локальных и тропосферных выпадений после наземных ядерных взрывов мощностью 5000 Мт в Северном полушарии в полосе широт 30 —80 с. ш.

Вид отдаленных последствий	Риск развития на 1 бэр облучения	Количество случаев, млн.
Лейкемия	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$	2,88
Рак молочной железы	$2{,}5 \cdot 10^{-5}$	3,60
Рак щитовидной железы	$5{,}0 \cdot 10^{-6}$	4,62
Рак легких	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$	2,88
Злокачественные опухоли остальных органов и тканей	$5{,}0 \cdot 10^{-5}$	7,20

В мае 1983 г. в Москве состоялась Всесоюзная конференция ученых за избавление человечества от угрозы ядерной войны, за разоружение и мир. С докладами и сообщениями о медицинских последствиях ядерной войны выступили президент АМН СССР академик Н. Н. Блохин и другие представители советской науки. В обсуждении проблем войны и мира участвовали и зарубежные ученые. Сопредседатель международной организации «Врачи мира за предотвращение ядерной войны» профессор Б. Лаун (США) сказал: «Мы верим в разум человечества. И этот оптимизм, в частности, основывается на том, что лишь за два с половиной года наше движение охватило 60 тысяч врачей во многих странах».

Человечество платит чрезмерную цену за безумие гонки вооружений. Но самое страшное — это даже не разрушительная сила ядерного оружия, а та легкость, с которой некоторые политики и военные на Западе манипулируют ядерной угрозой, избрав ее средством достижения политических целей. Они пытаются изобрести все более изощренное оружие массового уничтожения, перенести гонку вооружений в космос.

Об этом также говорилось и на амстердамском конгрессе медиков, который проходил под девизом «Ядерные иллюзии — чем расплачивается человечество». Политика ядерного устрашения, отмечалось на конгрессе, держит в положении заложников огромные массы невинных людей. Она привела ко все возрастающей гонке вооружений, к постоянной угрозе испепеления, которая отравляет представление людей о будущем. Она ведет к появлению подстрекательских военных доктрин, допускающих развязывание тотальной ядерной войны.

Для того, чтобы достичь целей своего движения, врачи должны аргументированными научными данными разбить «ядерные иллюзии», распространяемые западными политическими и военными лидерами. Это иллюзии возможности «победы» в ядерной войне, возможности ведения «ограниченной» или «затяжной» ядерной войны. Иллюзия и то, что само накопление ядерного оружия является будто бы наиболее эффективным средством предупреждения ядерной войны. Наконец, самая большая из иллюзий, которую питают некоторые государственные деятели, — глубоко ошибочная предпосылка, что ядерная война является просто обычной войной с более широкими последствиями.

Накануне открытия конгресса Верховный Совет СССР поручил Советскому правительству обратиться ко всем ядерным державам с предложением о замораживании их ядерных вооружений, начав с арсеналов СССР и США. Эта инициатива получила горячий отклик в Амстердаме.

Понимая социальную ответственность врачей за сохранение здоровья и жизни людей, участники конгресса предложили дополнить «клятву Гиппократа» следующими словами: «Как врач XX века, сознающий, что ядерное оружие представляет собой беспрецедентный вызов моей профессии, что ядерная война будет последней эпидемией для человечества, я сделаю все, что в моих силах, во имя предотвращения ядерной войны».

На сессии исполнительного совета международной организации «Врачи мира за предотвращение ядерной войны», состоявшейся в октябре 1983 г., были обсуждены текущие задачи движения и ход подготовки к его следующему, четвертому, конгрессу, который будет проходить в Хельсинки в июне 1984 г. Участники сессии приняли специальное заявление, где говорится, что дальнейшее распространение ядерного оружия, увеличение его количества, стратегия нанесения «первого удара» — все это повышает вероятность непоправимой трагедии. Организация врачей призвала все ядерные державы прийти к соглашению о неприменении ядерного оружия в случае конфликта, о замораживании разработки, испытаний, производства и размещения такого оружия и средств его доставки в качестве первого шага на пути к сокращению и полной ликвидации накопленных арсеналов.

В ответе товарища Ю. В. Андропова на обращение III Международного конгресса «Врачи мира за предотвращение ядерной войны» говорится: «Полностью согласен с вашим выводом о неизбежности поистине губительных последствий ядерной войны, начнись она однажды. Вы раскрываете суровую правду, которую люди должны знать, чтобы не допустить непоправимого.

Очень важно, что и в работе вашего конгресса, и в принятых на нем документах проявляется растущее понимание медицинским сообществом необходимости активного противодействия ядерной угрозе. Сформулированная вами программа первоочередных мер, которые должны быть осуществлены ядерными державами, в сущности не расходится с тем, за что последовательно выступает наша страна, на что мы направляем свои практические усилия.

...Как и все люди доброй воли, вы можете быть уверены, что СССР будет и далее делать все от него зависящее, чтобы ослабить международную напряженность, обуздать гонку вооружений — будь то на земле или в космосе, — не допустить ядерного пожара».

ЧЕЛОВЕК

Мыслящий и работающий человек
есть мера всему.
Он есть огромное планетное явление.

В. И. Вернадский

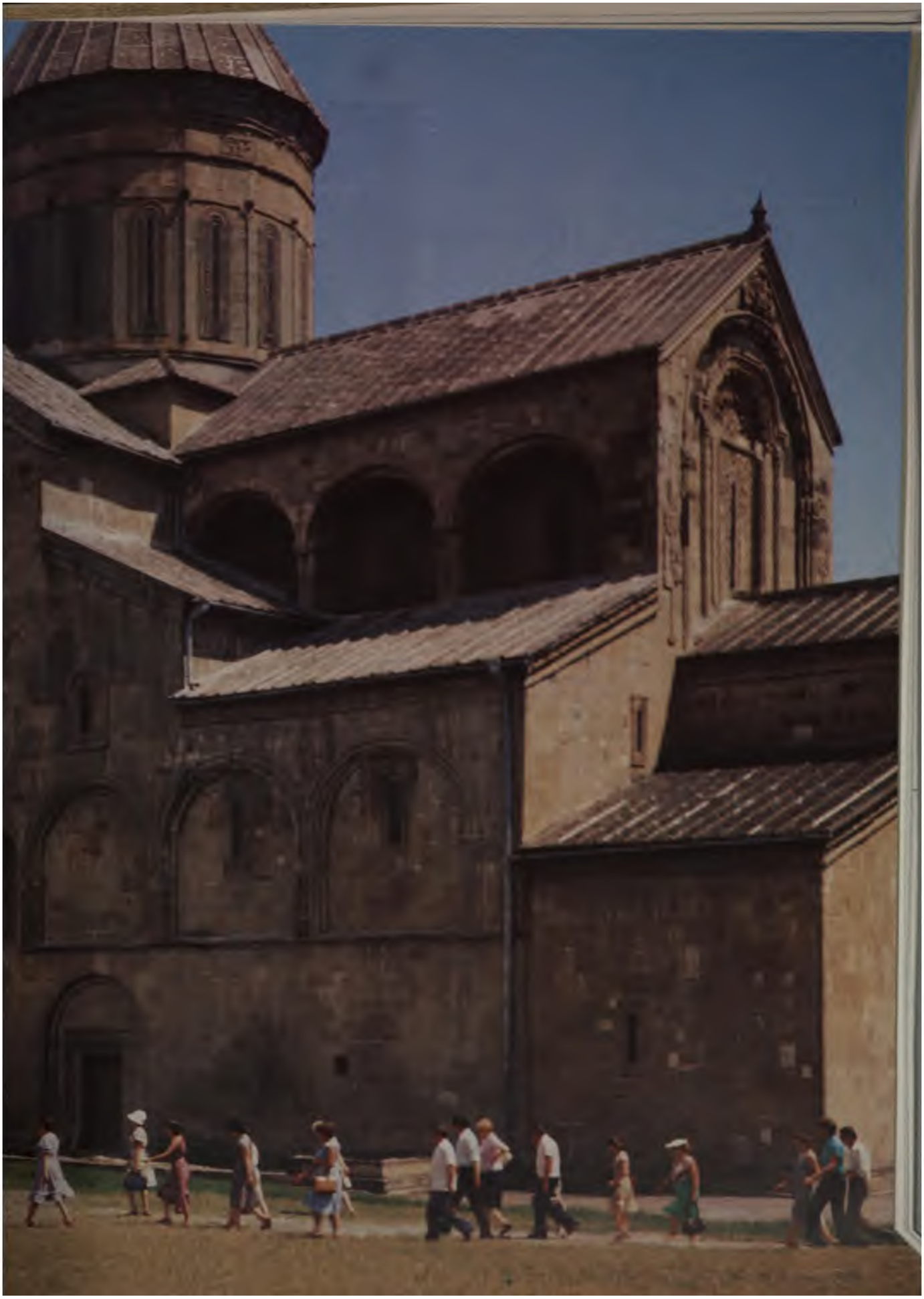
Я. СЕНТАГОТАИ
Новые пути
нейробиологии

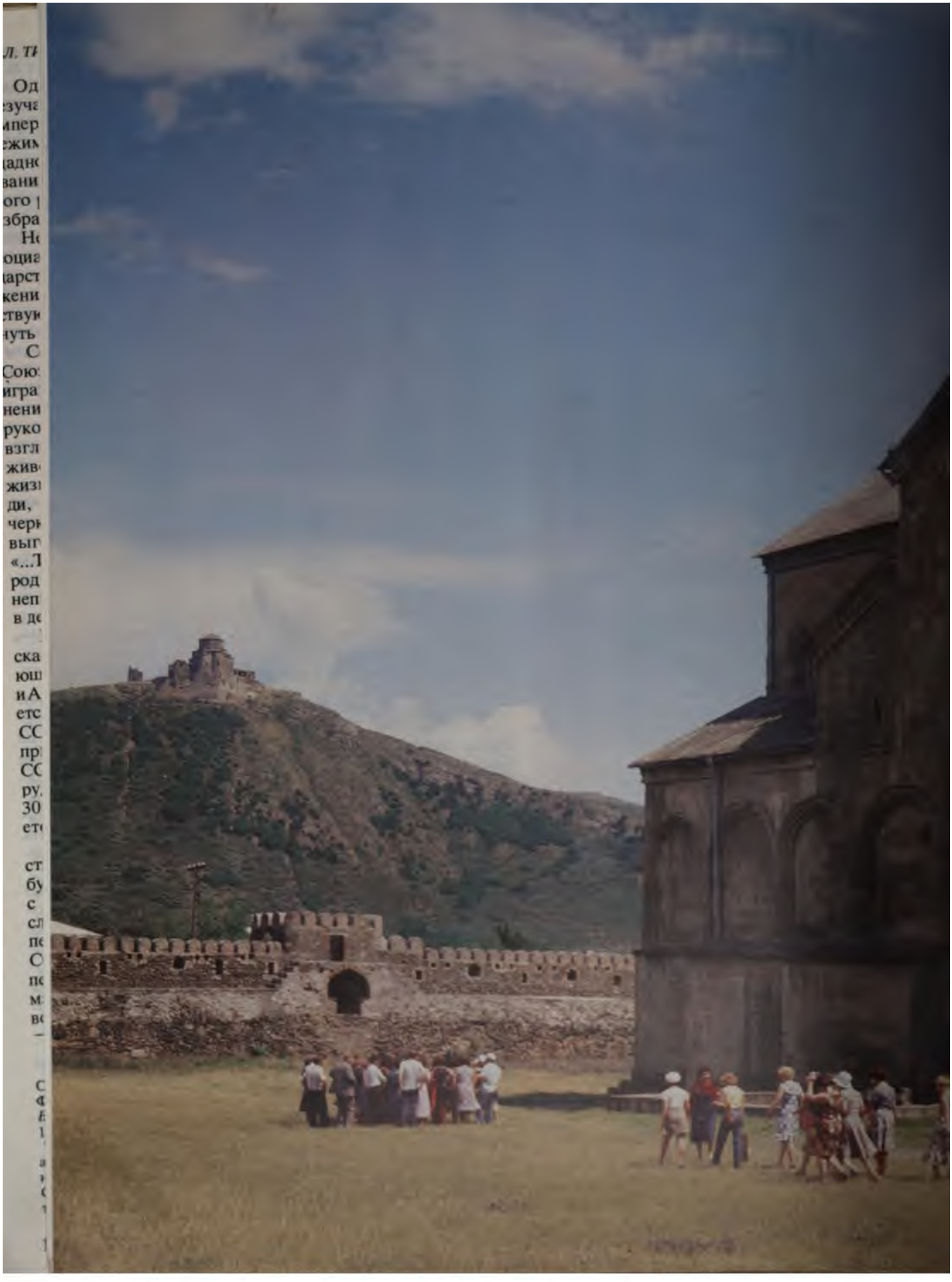
В. М. ЖДАНОВ
Человек и вирусы

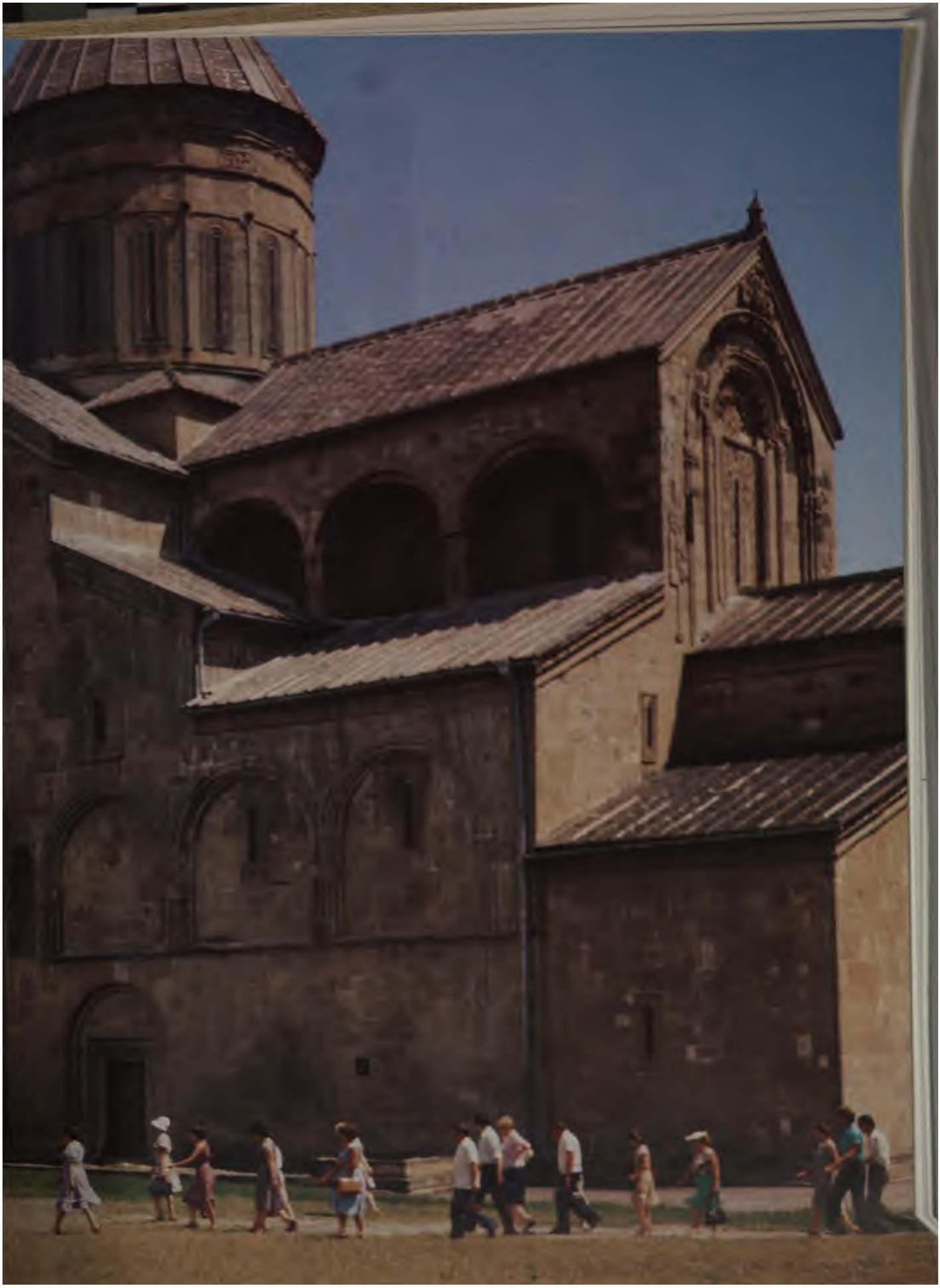
О. К. СКОБЕЛКИН,
Е. И. БРЕХОВ,
В. И. КОРЕПАНОВ
Лазеры в хирургии

Р. БРЕЙДВУД, Х.ЧЕМБЕЛ
У истоков
производящего
общества
в Юго-Восточной
Анатолии

Г. А. ПУГАЧЕНКОВА
Мианкальские
оссуарии —
памятники
культуры
Древнего Согда







Янош Сентаготаи (Szentágothai) (р. 1912) — венгерский нейрофизиолог, академик, президент Венгерской Академии наук.

В 1936 закончил медицинский факультет Будапештского университета, где еще студентом проходил стажировку у известного нейрогистолога М. В. Леношека. До 1946 работал в Будапештском университете сначала ассистентом, потом доцентом. С 1946 по 1963 заведовал отделением анатомии университета в г. Печ, где в 1947 получил звание профессора. В 1963 вернулся в Будапештский университет, где возглавлял отделение анатомии.

С 1967 — действительный член Венгерской Академии наук, с 1973 — ее вице-президент, а с 1977 — президент.

На протяжении последних 30 лет научная деятельность Я. Сентаготаи связана с нейробиологией. Он был одним из первых, кто успешно применил метод экспериментальной дегенерации для выявления связей между нейронами и особенностей распределения их синаптических окончаний. Он внес значительный вклад в развитие функциональной нейроанатомии и синаптологии на основе системного изучения структуры синаптических окончаний и особенностей ряда нейрофизиологических процессов, в частности, связанных с ориентацией глаз. Важный этап его работы — моделирование нейронных сетей с помощью компьютера. В результате исследования тонкой структуры синапсов с помощью электронного микроскопа Я. Сентаготаи описал их сложную организацию. В течение последних 10 лет занимается, главным образом, созданием структурно-функциональных моделей мозга. Разработанные им концептуальные модели нейронных сетей коры мозжечка, а в последнее время коры полушарий большого мозга, его теория «модульной структуры» нервных центров открыли новые направления для изучения и понимания нейронных цепей в центральной нервной системе.

Я. Сентаготаи — основатель большой школы экспериментальной нейрофизиологии, автор более 130 печатных работ, из которых 5 монографий. Он почетный или иностранный член 15 академий наук различных стран, в том числе АН СССР, и многих анатомических обществ.

Янош СЕНТАГОТАИ

Новые пути нейробиологии

За последние 30 лет в нейробиологии произошли серьезные качественные изменения, начало которым в 50-х годах положило появление микроэлектродной техники. В это же время были установлены строение двойной спирали ДНК и ее роль в репродукции белка, что произвело подлинную революцию в молекулярной биологии и генетике. Конечно, горизонты нейробиологии не могут сравниться с теми головокружительными перспективами, которые открывают перед человечеством биотехнология и геноинженерия, развившиеся на почве молекулярной биологии.

Даже самый пристрастный нейробиолог не может не признать приоритета таких злободневных, жизненно важных направлений в биологии, как новые биотехнологии; как передача микробам, растениям и домашним животным ценных отсутствующих у них генов или восстановление нормального генома у больных людей и тем самым излечение их от тяжелых недугов; как промышленное производство высокоспецифических моноклональных антигенов, как выведение более продуктивных и выносливых хозяйственно полезных сортов растений и животных; как устранение или хотя бы нейтрализация биологическими средствами причин, разрушающих окружающую среду, и т. п. Нет, здесь нейробиологии следует удовлетвориться своей ныне реальной, второстепенной ролью в биологии. В нашей статье мы ни в коей мере не ставили перед собой цель сравнить различные области биологии, не сопоставимые даже в далекой перспективе, или тем более выяснить их практический приоритет. Наука со всеми ее элементами, причем не только естествознание, но и обществоведение, способны существовать и развиваться лишь в прямой или косвенной взаимосвязи друг с другом как совокупность человеческих знаний. Пробел или небольшая отсталость в любой частной области науки ослабляет всю ее конструкцию. Можно было бы долго говорить о том, что сформулированное еще в классической греческой философии требование «Человек, познай самого себя» на настоящем этапе развития мира в полном смысле слова стало насущным вопросом для человечества и цивилизации. При этом не обязательно воображать картину апокалипсической катастрофы атомной войны. Достаточно осознать, что быт, условия жизни человека с каждым днем становятся все более искусственными (урбанизация; радикальная перестройка условий и процессов работы, применение роботов; изменение роли женщины и отношений между полами; то обстоятельство, что забота о престарелых, больных, беспомощных и детях, как никогда ранее, стала проблемой общества и в какой-то мере имеет «производственный» характер). Эти радикальные изменения даже в социалистических странах, где они происходят при более строгом и продуманном общественном контроле, привели к серьезным и заранее непредвиденным последствиям. Живущие ныне — это люди уже не того склада, о котором говорит опыт нескольких предыдущих тысячелетий, причем изменения будут, по-видимому, нарастать. Разве при этом не возникает вопрос, что, может быть, уже в следующем столетии придется пересмотреть сложившиеся между различными областями науки приоритеты?

Но, повторяю, цель нашей статьи в другом. Мы хотим проанализировать наиболее существенные черты настоящего, бесспорно, ускорившегося развития нейробиологии и выяснить, в каком направлении оно осуществляется. Выше уже отмечалось, что это ускорение началось с применения микроэлектрофизиологических методов на клеточном уровне. И, как нередко бывало, методическое достижение, впоследствии признанное переломным, при своем появлении почти не внесло изменений в сложившуюся картину данной науки.

Возьмем, к примеру, результаты исследований Экклса (Eccles, Австралия) и его сотрудников, результаты, которые вначале казались лишь подтверждением принципов структурно-функциональной деятельности центральной нервной системы, сформировавшихся на основе нейронной

теории в 80-х годах прошлого столетия и затем в начале нашего столетия на основе результатов классической нейрофизиологии Шеррингтона (Sherrington, Англия). Выяснилось, что нейроны — действительно отдельные клеточные элементы нервной системы, связь между которыми осуществляется с помощью синапсов*.

Возбуждение обычно возникает у основания нервного отростка (аксона**) и пробегает до его концевых разветвлений; синапсы действительно являются контактами, через которые импульс передается без изменения на следующий нейрон с помощью какого-либо химического медиатора. Постсинаптическое возбуждение (возбуждающий постсинаптический потенциал — ВПСП) — действительно локальный процесс возбуждения; суммирование во времени и в пространстве множества таких местных очагов вызывает импульс, распространяющийся на следующий нейрон. Все это явилось лишь окончательным доказательством классического представления о нервных цепях и образуемых ими рефлекторных дугах, располагающихся иерархически одна над другой. Это доказательство вызвало, точнее, могло бы вызвать глубокое удовлетворение у тех ученых-нейроморфологов, которые, как и автор, приняли нейронную теорию и верили в то, что — хотя в то время еще и примитивными методами нейронной дегенерации — можно проследить один за другим элементы некоторых нервных цепей и даже от нейрона к нейрону — целые рефлекторные дуги. Невропатологи в этой области достигли еще больших успехов, что красноречиво доказывают известные во всем мире остроумные схемы Бехтерева важнейших восходящих и нисходящих нервных путей и рефлекторных дуг (конечно, в наш век бурного развития науки и особенно ее методов мы часто забываем о прошлых достижениях, как, например, о том, что ленинградский ученый И. Раздольский был первым, кто разработал специфический гистологический метод идентификации синапсов на основе их дегенерации и с успехом применил его уже в 20-х годах нашего столетия).

И все-таки применение микроэлектродной техники в нейрофизиологии привело к радикально новому и до этого не предвиденному результату — открытию специфических **тормозных** нейронов (Экклс и его сотрудники, 1954). То, что в нейронной деятельности помимо возбуждения существует и торможение, знали уже давно. Впервые эта мысль возникла в гениальных умозрениях Декарта, первое экспериментальное подтверждение она получила в фундаментальных работах Сеченова (1863), а позднее сам Павлов в одной из своих ранних работ обратил внимание на физиологическую сторону этого явления. Начиная с конца XIX столетия и, естественно, в классической нейрофизиологии Шеррингтона торможение считалось таким же реальным явлением в деятельности нервной системы, как и возбуждение. Тем не менее было не ясно, является ли торможение функцией специфических нервных элементов, как это имеет место в нервной системе низших организмов, или же торможение — следствие другого рода деятельности тех же нервных элементов, которые вызывали возбуждение. Из исследований Экклса и его сотрудников выяснилось, что существуют специфические тормозные нейроны, которые проводят импульс того же типа, что и возбуждающие нейроны, но медиаторы, выделяемые ими у синапса, вызывают торможение в следующем нейроне. Постепенно выяснилось, что медиатор, взаимодействуя с определенным участком постсинаптической мембраны, стимулирует открытие или закрытие ее каналов, которые служат для движения ионов через мембрану. В результате на этом участке постсинаптической мембраны создаются возбуждающий (ВПСП) или тормозной (ТПСП) постсинаптические потенциалы (Экклс, Нобелевская премия, 1963).

Все это потому и могло заинтересовать нейроморфолога, что при точном морфологическом анализе нейронного состава различных рефлекторных дуг уже ранее выяснилось, что возбуждающий путь к антагонистической мышце обычно содержит на один нейрон меньше по сравнению с идущим параллельно тормозным путем, ведущим

---

* О нейроне и синапсе см. подробнее статью *Х. Маттиса* «Память. Молекулярные механизмы», в частности, рис. 2 в этом же томе ежегодника. — *Ред.*

** Каждый нейрон имеет тело — расширенную часть, содержащую ядро, — и большое число тонких, нитевидных отростков, отходящих от тела клетки. Согласно классической нейронной теории в зависимости от направления, в котором отростки в нормальных условиях проводят нервный импульс, они делятся на два типа: аксоны и дендриты. Аксоны проводят импульсы от тела клетки к периферии, а дендриты — наоборот, по направлению к телу клетки. — *Ред.*

Нейроны центральной нервной системы были еще в классических работах разделены на два типа: длинноаксонные (или эфферентные), посылающие аксон за пределы своего образования, и короткоаксонные (или **интернейроны**), аксоны которых не выходят за пределы своего образования.

И те и другие клетки могут быть как **возбуждающими**, так и **тормозными**.

Модулирующие и **пептидергические** нейронные системы — системы нейронов, которые вырабатывают особые медиаторы. Модулирующие — моноамины: норадреналин, адреналин, допамин, серотонин и др.

Пептидергические — различные пептидные молекулы (нейропептиды): рилизинг гормон лютеинизирующего гормона, тиреотропный гормон, соматостатин, субстанция Р, бета-эндорфин, энкефалин, холецистокинин, кортикотрофин и т. п.

Пептиды — органические вещества, состоящие из остатков аминокислот, соединенных пептидной связью — CO — NH —.

к агонистической мышце. Несколько позже стало очевидно, что не только в простых рефлекторных дугах имеются специфические тормозные нейроны, но и в большинстве высших нервных центров многие **интериейроны** оказывают тормозное действие.

Далее, с развитием электронной микроскопии были разработаны и такие ультраструктурные критерии (Грей — Gray, Англия, 1962; Учизоно — Uchizono, Италия, 1967), на основе которых с определенной вероятностью можно было установить, является ли данный синапс возбуждающим или тормозным. Стала возможной не только физиологическая, но в некоторой степени и структурная идентификация синапса в отношении его тормозного или возбуждающего характера.

Тем не менее вскоре стало очевидно, что классическое представление о строении нервных центров и рефлекторных дуг уже не может объяснить и объединить множество новых фактов. Дело прежде всего в том, что старые структурные модели нейронных сетей, построенные на основании конкретных связей специфических нейронов (как, например, модель мозжечка*, созданная автором этих строк, представляющая основу монографии Экклса, Ито (Ito) и Сентаготаи, изданная в 1967), содержали чрезмерные упрощения, которые сегодня уже не соответствуют новому уровню знаний.

Открытие так называемых дендро-дендритных синапсов сначала в обонятельной луковице, а затем массовое обнаружение их прежде всего в ядрах таламуса (выявление таких синапсов в высших центрах пока еще очень редко) потребовало значительно изменить подход к объяснению описываемых явлений. Это уже нашло свое отражение в монографии Сентаготаи и Арбиба (Arbib, Венгрия) «Концептуальные модели нервной системы» (перевод с английского О. С. Виноградовой. М., Мир, 1975).

Чрезвычайно важным было последовавшее затем открытие **модулирующих нейронных систем,** которое радикально изменило представление о локальной сети нейронов высших центров. Вскоре эту картину еще более усложнило открытие **пептидергических систем нейронов,** точная локализация которых стала возможной благодаря современной иммуноцитохимии. Сегодня уже нет числа расположенным в самых различных частях центральной нервной системы нейронам, содержащим и выделяющим вещества, которые до того считались специфичными медиаторами гипофиза, гипоталамо-гипофизарной или периферической нервной системы.

Какова связь этих пептидных медиаторов с классическими медиаторами передачи возбуждения или торможения, такими, как ацетилхолин, глютаминовая кислота, гамма-аминомасляная кислота, глицин, таурин и т. д., мы не знаем. Доказано, что в некоторых случаях они оба — и классический медиатор, и нейропептид — совместно принимают участие в передаче возбуждения, но каково функциональное значение этой своеобразной комбинации, неизвестно. Однако, и из сказанного уже ясно, что старое классическое представление о нейронных сетях, построенных из простых возбуждающих и тормозных нейронов, ни в коем случае недостаточно для объяснения процессов, протекающих в нервной системе.

Другая причина, заставившая пересмотреть классическую теорию, была еще более серьезной. Оказалось, что эмбриональные нервные центры и даже их небольшие, состоящие всего из нескольких десятков клеток, трансплантаты или эксплантаты (культуры тканей) обнаруживают удивительную тенденцию к самоорганизации. Изолированные группы нервных клеток, вопреки традиционной рефлекторной концепции, показывают следы своеобразной нервной активности. Сегодня на основе сходных результатов совершенно различных опытов мы уже знаем, что полностью изолированные от окружающей среды группы нервных клеток обладают так называ-

* Упомянутая здесь модель нейронной сети коры мозжечка разрабатывалась автором с 1963 г. и основывалась на классических представлениях и данных последних лет. Большинство выдвинутых в этой модели гипотез полностью подтвердилось физиологическими экспериментами Экклса. Монография Экклса, Ито и Сентаготаи «Мозжечок как нейронная машина» (Шпрингер-ферлаг, 1967) стимулировала изучение физиологии и морфологии мозжечка во всем мире. Спустя почти 20 лет оказалось, что основная идея этой модели остается в силе за исключением незначительных поправок. Эта идея заключается в том, что вход в кору мозжечка (из многих источников: с периферии, из лабиринта, из высших центров и особенно коры мозга) осуществляется через так называемые параллельные волокна и возбуждение распространяется вдоль извилин, называемых дольками, приводя к активации множество клеток Пуркинье, расположенных в один слой вдоль продольной оси извилины. Одни и те же параллельные волокна возбуждают два типа интернейронов: корзинчатые и звездчатые клетки, аксоны которых проходят, как правило, в направлении, перпендикулярном оси дольки, и образуют синапсы между соседними рядами клеток Пуркинье. Если допустить, как предполагалось в нашей модели, что корзинчатые и звездчатые нейроны тормозные, то ряд одновременно возбуждаемых клеток Пуркинье будет располагаться по обеим сторонам поля торможения. (Читатель, знакомый с работами И. П. Павлова, вероятно, узнает в этом частный случай ранее высказанного И. П. Павловым простого заключения, сделанного, конечно, на основе косвенного и гораздо более общего предположения, что фокус возбуждения в нервной ткани будет рано или поздно окружаться и суживаться зоной торможения. Павлов в первую очередь имел в виду кору головного мозга, но это очень рано высказанное им предположение верно практически для всех образований мозга, и сам этот принцип — один из самых главных принципов функционирования нейронов.) В общем смысле функциональный механизм, справедливый для коры мозжечка, мог бы рассматриваться как случай прямого торможения в противоположность более известному механизму возвратного торможения. Детальное объяснение строения мозжечка и других нейронных циркуляционных моделей увело бы нас далеко за пределы данной статьи.

емой «спонтанной» активностью*. Однако, так как составные элементы изолированных нейронных групп, по всей вероятности, имеют между собой многосторонние случайные взаимосвязи, эти «шумовые» спонтанные возбужденные состояния не ограничиваются тем нейроном, в котором они возникли, а распространяются дальше и на другие синаптически связанные с ним нейроны.

Из математики известно, что существуют системы, в которых при определенном уровне сложности многочисленные взаимосвязанные нелинейные процессы способны организовываться в единую систему. Именно это происходит с трансплантированными или эксплантированными группами нервных клеток, изолированных от естественных контактов в нервной системе. Каждая такая группа в зависимости от количества, вида и многообразия внутренних элементов развивает разные, но определенные формы активности и поддерживает их в течение длительного времени. Мы должны подчеркнуть, что такие нейронные группы, функционирующие по принципу самоорганизации, не нуждаются в афферентном возбуждении. Экспериментально соединяя эти группы с сенсорными нейронами, легко преобразовать их в искусственную систему рефлексов, однако для возникновения процессов самоорганизации в этом нет необходимости.

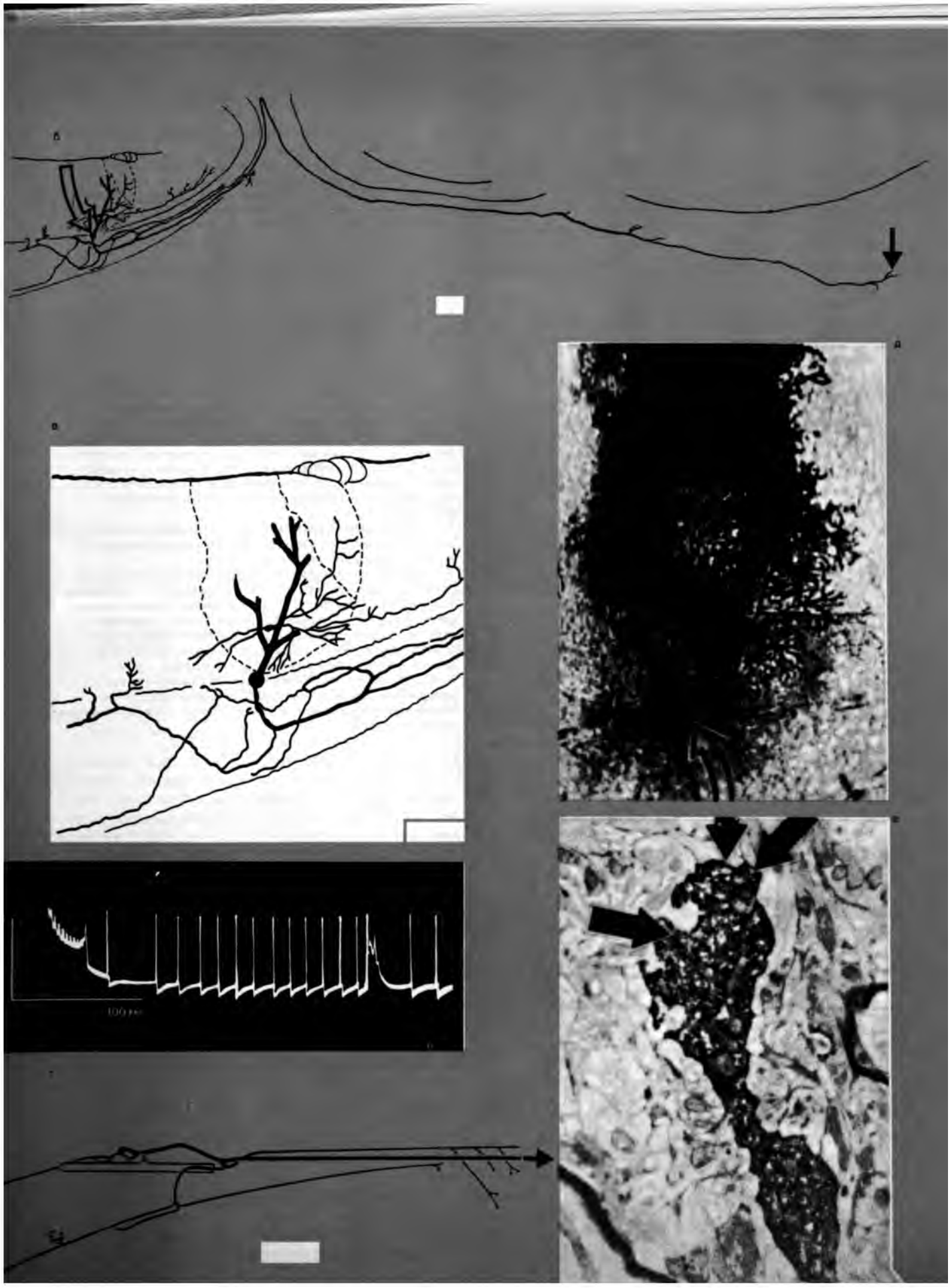
Конечно, в деятельности таких изолированных нервных центров, состоящих из совершенно случайно соединенных элементов и обладающих случайными внутренними контактами, нет никаких биологических признаков. Однако методами экспериментальной эмбриологии можно создать состоящие из специфических элементов и имеющие специфические внутренние связи изолированные нервные центры. Например, изолированные центры, содержащие сегментальный двигательный аппарат спинного мозга (Цех и Секей — Créh, Székely, Венгрия, 1971)**, способны при помощи механизма самоорганизации генерировать выходной моторный импульс, необходимый для шагающего движения конечности.

Из теории самоорганизующихся систем возможно вывести необходимые критерии функционирования таких генерирующих выход нервных сетей (Секей и Клинг — Székely, Kling, Венгрия,

Рис. 1. Окраска пероксидазой хрена физиологически идентифицированных нервных клеток с реконструкцией их дендритных и аксонных ветвлений.
Маркировка проводится внутриклеточной инъекцией пероксидазы хрена (ПХ) — энзима, который после реакции с соответствующим субстратом дает нерастворимый осадок темного цвета. Осадок хорошо различим как под оптическим, так и под электронным микроскопом, что широко используется для демонстрации различных биохимических и иммуноцитохимических реакций. Например, в иммуноцитохимии, когда антитела реагируют в каком-либо элементе ткани с антигеном, на который эти антитела были выработаны, место реакции может быть определено по осадку, образуемому связанной с антителом ПХ (конечный результат такой процедуры показан, например, на рис. 2, *в* и *г*).
***а* — срез мозжечка кошки, проведенный в сагиттальном направлении (т. е. вертикально вдоль мозга) по средней линии;**
***б* — реконструкция так называемой клетки Пуркинье на этом срезе. Тело клетки помечено изогнутой стрелкой, а протяженность дендритного дерева — пунктирной линией. Основной ствол аксона может быть прослежен вправо до конечных (терминальных) ветвлений (черная стрелка). (Дендриты и аксон — нервные отростки, отходящие от тела клетки и выполняющие разные функции.) Правая часть этого рисунка соответствует нижней стороне прямоугольника на рис. 1*а*; длина толстой горизонтальной линии, как и на рис. 1*в* и *ж*, равна 0,1 мм;**
***в* — та же клетка при бо́льшем увеличении;**
***г* — внутриклеточная запись спонтанной активности клетки Пуркинье. Масштабы времени и амплитуды показаны слева;**
***д* — картина характерного дендритного дерева меченой клетки Пуркинье под оптическим микроскоком; характерное, в форме свеклы, тело клетки показано изогнутой стрелкой. Диффузия некоторого количества ПХ в окружающую ткань привела к слабой окраске расположенных рядом двух других клеток Пуркинье;**
***е* — электронно-микроскопическая картина среза, на которой показана аксонная терминаль, окрашенная внутриклеточным введением ПХ (темная часть). Видны синаптические пузырьки и специфические участки мембраны в месте контакта (стрелки). Горизонтальная линия — масштаб увеличения, ее длина соответствует 1 мкм;**
ж* — реконструкция той же клетки Пуркинье в другой плоскости (фронтальный срез мозжечка). Дендритное дерево (А) имеет на этой проекции вид плоской полосы. Стрелка справа — ход основного ствола аксона, который может быть прослежен на рис. 1*б

* В этом случае под термином «спонтанный» мы подразумеваем лишь то, что изолированные нервные клетки в процессе метаболизма и в связи с их функциональной сверхчувствительностью «случайно» (то есть с непредсказуемой частотой и амплитудой) переходят в состояние возбуждения. Такие «спонтанные» возбужденные состояния относятся к понятию «шума» и представляют, по сути дела, процессы, сходные с броуновским молекулярным движением, которое протекает лишь в масштабах, меньших на несколько порядков.

** Все венгерские ученые, работы которых упоминаются в статье, являются сотрудниками и учениками автора. — *Ред.*



1968). Уже имеется несколько элегантных и вполне соответствующих биологическим процессам математических моделей действия смешанных популяций, состоящих из возбуждающих и тормозных нейронов (Вильсон и Кован — Wilson, Cowan, Англия, 1972, 1973). Хотя эти результаты могут показаться тривиальными, все же они проливают свет на старую дилемму нейробиологии: «рефлекс» или «центральная программа».

Ныне уже совершенно ясно, что старые и когда-то считавшиеся противоречивыми два представления о конечных принципах нервной деятельности далеко не противоречивы; наоборот, они взаимно дополняют друг друга. Сеть нейронов, с одной стороны, — самоорганизующаяся система, деятельность которой преобразовывает «нейронный шум» (допуская употребление этого нового понятия). С другой стороны, эта сеть является и кибернетической системой, связывающей организм с процессами окружающего мира путем сложной иерархии рефлексов. Понять суть нервной организации можно, лишь рассматривая эти два аспекта совместно, не переоценивая догматически один или другой.

В общем смысле «центральными программами» нервных центров являются те известные нам функциональные единицы, которые обусловлены генетически, характерны для данного вида и не требуют ни предварительного опыта, ни обучения. Конечно, было бы крайне наивно сравнивать их с применяемыми в вычислительной технике программами, записанными на магнитофонную ленту. В природе такого не существует. Множество опытов доказало, что часто очень сложные, казавшиеся врожденными цепи поведенческих актов в действительности только в своих элементарных частях существуют в генетически закрепленной форме. Позднее было также доказано, что эти цепи — результат постепенной интеграции элементарных частей в общую систему сложных поведенческих актов.

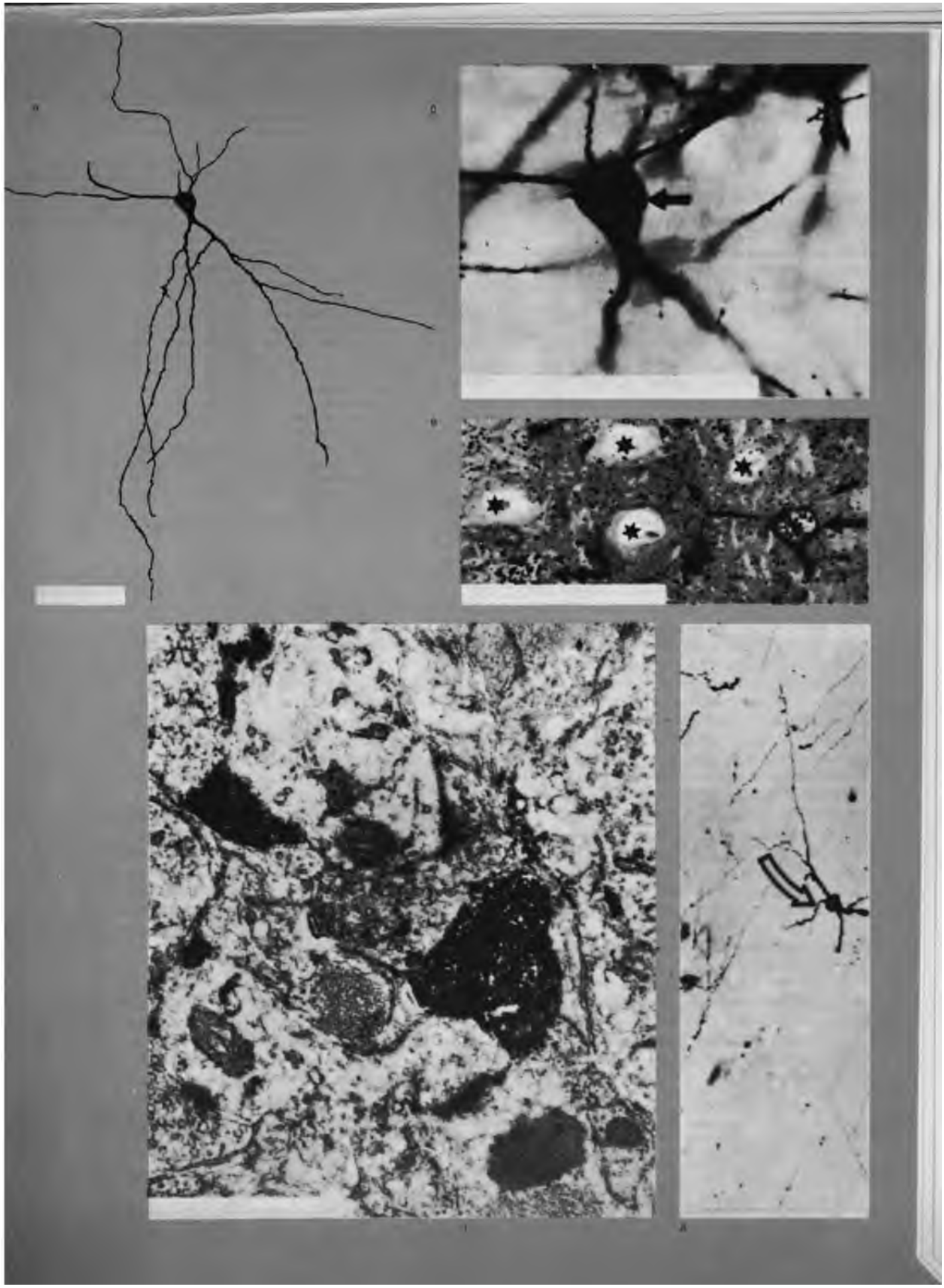
Однако целью нашей статьи опять-таки не является подробный анализ этого вопроса, так как даже самое краткое его изложение на современном уровне потребовало бы целого ряда подобных статей. Сделанное выше отступление было необходимо, чтобы представить, каким образом могут фиксироваться генетически детерминированные элементы поведения в элементарной нейронной сети.

Трансплантированные или эксплантированные нервные фрагменты, состоящие из нескольких десятков или сотен нервных клеток, обладают, повторяем, самоорганизующей способностью даже в том случае, когда взаимосвязи между их нейронами носят случайный характер. Как уже упоминалось, возникающие в таких фрагментах выходные сигналы могут быть чрезвычайно сложными, но не иметь биологического смысла. Как выяснилось из исследований Цеха и Секея,

Рис. 2. Идентификация нейромедиатора при оптической и электронной микроскопии нейрона.
Основным медиатором передачи импульсов тормозными нейронами считается гамма-аминомасляная кислота (ГАМК). Замечено, что большинство первых клеток имеет специальный «механизм захвата» своего собственного медиатора, что демонстрируется здесь на рис. 2, *а* — *в*.
***а* — зарисовка окрашенного по Гольджи звездчатого нейрона зрительной коры крысы;**
***б* — микрофотография фрагмента этой клетки, стрелкой показано ее тело;**
***в* — тело той же клетки (простая стрелка) после обработки препарата для авторадиографии (метка радиоактивный тритий ^{3}H). Большое скопление темных пятнышек показывает избирательный захват этой клеткой ^{3}H-ГАМК; осадок Гольджи дает темные контуры тела клетки. Другая неидентифицированная, по-видимому, тоже звездчатая клетка слева (двойная стрелка) с высокой степенью захвата метки не была окрашена по Гольджи. Звездочками показаны немеченые предположительно пирамидные клетки. Масштаб 50 мкм. Метод разработан П. Сомоджи (Somogyi) и соавт. в 1-м анатомическом отделении медицинского факультета университета Земмельвейса в Будапеште и в Биологическом исследовательском центре Венгерской Академии наук в Сегеде;**
***г* — иммуноцитохимическая идентификация синаптических окончаний, содержащих гормон лейцин-энкефалин, в участке спинного мозга;**
***д* — интенсифицированная иммуноцитохимическая окраска нервной клетки (передний гипоталамус обезьяны), содержащей гормон ЛГ-РГ (лютеинизирующий гормон рилизинг гормон), начальная часть аксона помечена стрелкой. Метод разработан Т. Гертцем (Görcs) в отделении анатомии медицинского факультета университета в г. Печ (Венгрия) под руководством проф. Б. Флерко (Flerko). Метод позволяет выявлять все дендритное дерево и большую часть аксонных ветвлений иммунореактивных клеток (метод Гольджи «второго поколения»)**

необходима какая-то минимальная специфичность связей между разными типами нейронов изолированного фрагмента спинного мозга, чтобы возник импульс, обеспечивающий, например, шагающее движение конечности. На основании ранних эмбриологических экспериментов известно, что для образования выходного сигнала, генерирующего подобное движение, достаточно даже небольшой части одного из 3—4 сегментов спинного мозга, иннервирующих конечность. Сегменты же, генетически не предназначенные для приведения конечности в движение (например, средний торакальный сегмент), не способны генерировать подобный сигнал.

Поэтому предположение о том, что моторная программа ходьбы может быть встроена в отдельный «командный» нейрон сегмента спинного мозга, иннервирующего конечность, так же бессмысленно, как и противоположное, по которому вся нейронная сеть сегментов, приводящих в движение конечность, ответственна за генерацию необходимого выходного сигнала. Единственное логичное предположение такое. Изолированный фрагмент спинного мозга содержит возбуждающие, тормозные и несколько моторных нейронов, между которыми образуются специфические взаимосвязи. Они преобразуют



нейронный шум в выходной сигнал, необходимый для обеспечения движения конечности. Теперь попытаемся факты, справедливые для небольших изолированных фрагментов серого вещества спинного мозга, а также связанные с ними мои предположения, распространить на всю нервную систему. Представим себе, из скольких десятков и сотен тысяч, а у высших позвоночных — из скольких миллионов таких фрагментов складывается нервная система. По очень осторожным подсчетам только кора головного мозга человека состоит примерно из двух миллионов так называемых структурных модулей*, каждый из которых содержит 5000 нервных клеток. К тому же модули не изолированы друг от друга, а сложно соединены между собой генетически точно детерминированными связями. Представим себе, какие огромные возможности для самоорганизации имеет такое невообразимое количество частных явлений. Кроме того, на разных уровнях и между ними существуют иерархические связи, сплавляющие воедино в каждый момент активность всей нервной системы.

В то же время нельзя забывать о том, что нервная система не изолирована от внешнего мира, а имеет постоянный контакт с ним посредством нескольких десятков миллионов афферентных и примерно стольких же эфферентных каналов. К тому же возникающие таким образом и соединенные друг с другом в сложной иерархии рефлексы в большинстве случаев являются не открытыми функциональными цепями (возбуждение → рецептор → афферентный импульс → центральное переключение → эфферентный импульс → эффектор), а замыкающимся через внешний мир кругом, т. е. рефлекс или другой более сложный процесс поведения меняет взаимоотношение между животным и внешним миром, что в свою очередь иногда полностью изменяет форму входного сигнала (возьмем, к примеру, простой факт, когда при повороте наших глаз на несколько градусов на сетчатку попадает совершенно другое изображение). Таким образом, связь животного с внешним миром является непрерывным, постоянно меняющимся информационным, точнее, деятельным, циклическим процессом.

Несмотря на то что часть этих соображений почти тривиальна, все-таки нужно еще и еще раз заново продумать все это, чтобы не попасть во всем известную ловушку собственного мышления при биологическом объяснении высшей нервной деятельности. Тогда высшая нервная деятельность, включая сюда и человеческое сознание, не будет истолковываться упрощенно, не будет сводиться к явлениям, идентичным деятельности самой нервной ткани.

Рис. 3. Выявление под электронным микроскопом деталей синаптических контактов «аксо-аксонного» интернейрона коры головного мозга (клетка-«канделябр»), окрашенного методом Гольджи.
а — подобная клетка из первичной зрительной коры крысы (тело обозначено крупной стрелкой). Этот фотомонтаж из микрофотографий, снятых с разным фокусом, показывает лишь незначительную часть дендритных и аксонных разветвлений, поскольку они распределяются на разной глубине среза. Вертикально ориентированная терминальная часть разветвления аксона (вертикальные стрелки) очень точно следует ходу начального сегмента аксона пирамидной клетки. Это крупнее показано на рис. 3*б*;
б — пирамидная клетка (П) коры противоположного полушария помечена введением пероксидазы хрена. По точкам ПХ-метки может быть распознан первичный сегмент ее аксона (ПСА). К нему тесно примыкает вертикальная терминальная часть интернейрона, видна также тонкая пресинаптическая коллатераль (К);
в — доказательство такого контакта под электронным микроскопом: аксонная терминаль интернейрона (Б) окружает первичный сегмент аксона (ПСА) пирамидной клетки, видны внутренние мембраны аксона (маленькие стрелки). Синаптический контакт (толстая стрелка) идентифицируется по умеренному утолщению мембран. Масштаб: 10 мкм в *а* и *б* и 0,2 мкм в *в*. (Работа П. Сомоджи с соавторами);
г — аксо-аксонный интернейрон, так называемая клетка-«канделябр»

Конечно, никакая высшая нервная деятельность не существует без соответствующей деятельности мозга, т. е. без функционирования миллионов и миллиардов нервных клеток. Но мы не знаем конкретно, что чем определяется. Связаны ли те или иные процессы умственной деятельности с определенной частью анатомической нервной сети, с комбинацией в данный момент активных возбудительных и тормозных нейронов, с биохимическими структурами, кодирующими каким-то образом элементы памяти (например, в какой-то части молекулы РНК, из которой, однако, информация, связанная с памятью, должна достигнуть синапса — ведь там решается дальнейший путь возбуждения и торможения), с состоянием деятельности моноаминергических нейронных систем, с активностью какого-либо из пептидергических нейронов и т. д.? Уже после постановки этих вопросов становится очевидным, что с точки зрения высшей нервной деятельности не имеет никакого смысла отдавать какой-то приоритет тому или иному подходу из множества тех, с позиций которых современная наука исследует процессы нервной системы. И наоборот, очевидно, что не следует отказываться от поиска научного объяснения ради какого-то мистического (дуалистического или иного) соображения, которое ищет объяснение сознания вне рамок материального субстрата высшей нервной деятельности.

Конечно, обыкновенные редукционистские те-

* В этой статье мы не имеем возможности подробно остановиться на проблеме модульного строения нервной системы. По сути дела, речь идет о том, что нервные центры состоят из повторяющихся одинаковых единиц (модулей). Научное изложение этой концепции дано мною в пленарном докладе XXVIII Международного физиологического конгресса, проходившего в Будапеште (Доклады Международного физиологического конгресса. Пергамон, 1981).

П
ПСА
Б
К

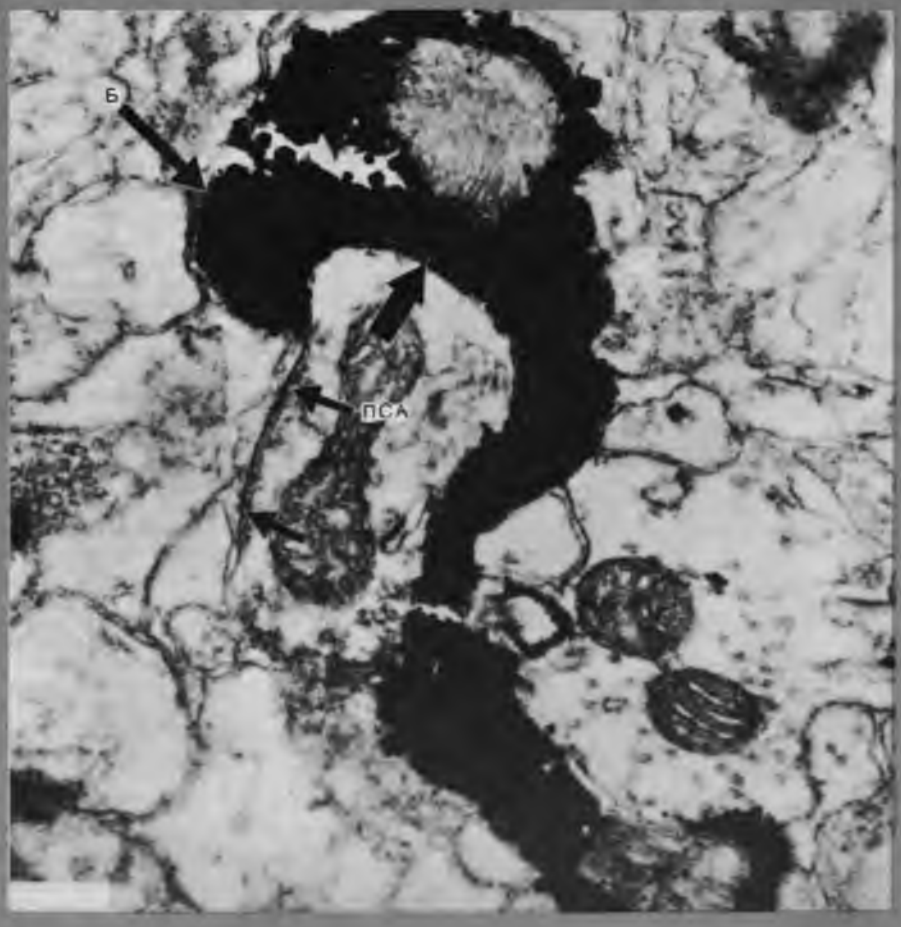
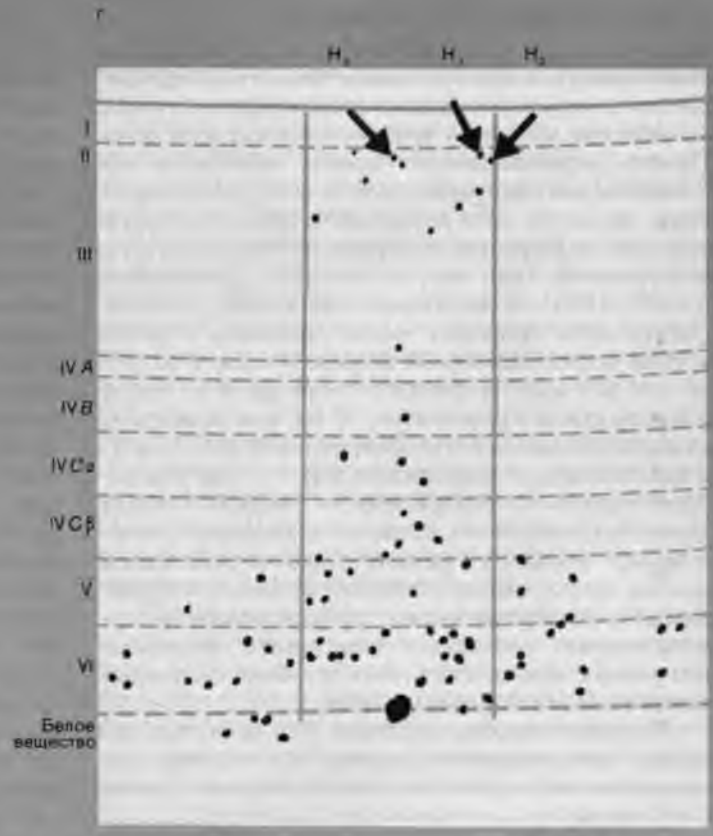
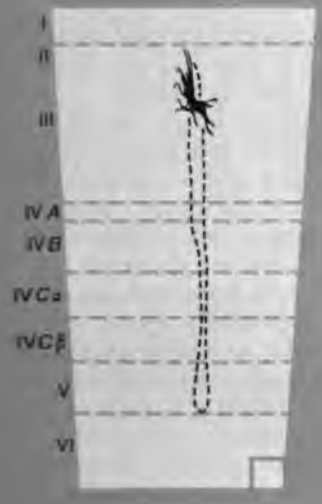
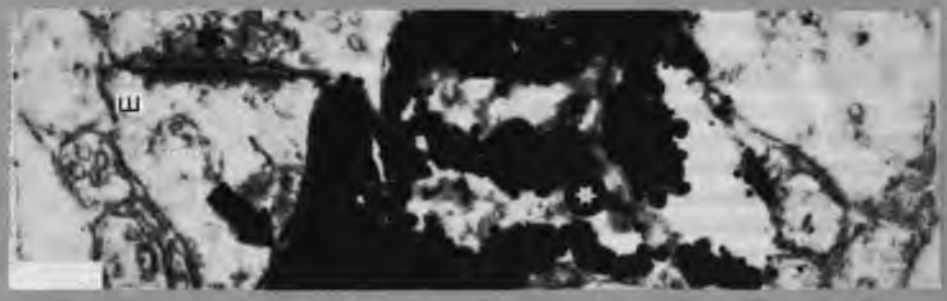

Б
ПСА

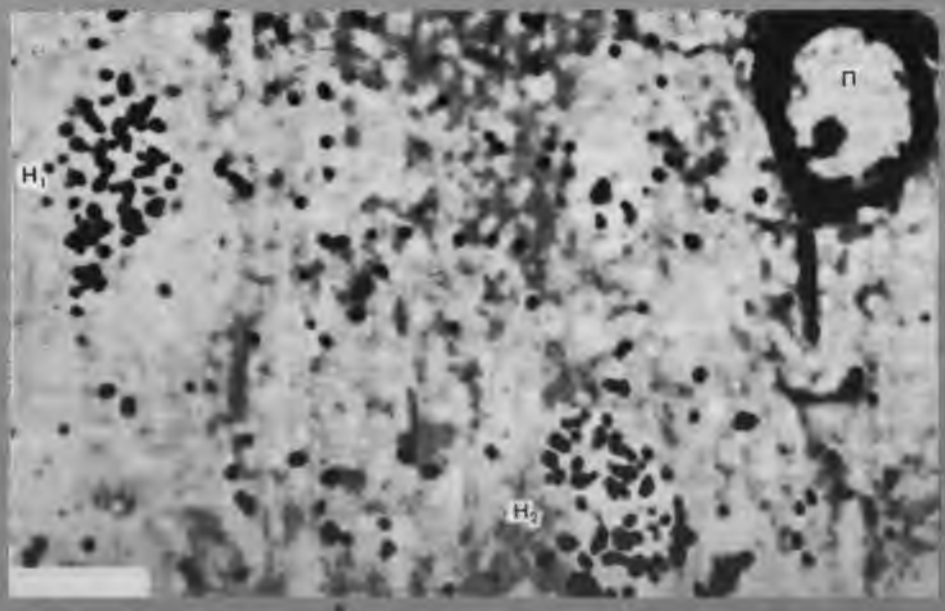
Рис. 4. Комплексный анализ интернейрона («клетки с двойным букетом») из зрительной коры обезьяны. (Окраска методом Гольджи, электронная микроскопия и выявление захвата медиатора.) Специфика клетки такого типа — вертикально направленные узким слоем через всю толщу коры аксонные разветвления. *а—в* — зарисовки клетки с препарата Гольджи.
а **— полная картина разветвления аксона слева направо в нисходящем порядке, *x—x′* соответствует месту, где зарисовку пришлось перерезать, чтобы вместить в размер данного рисунка. Начальная часть аксона указана стрелкой. Большинство синапсов, образуемых разветвлениями аксона, формируются с интернейронами, имеющими гладкие (бесшипиковые) дендриты. Однако эти разветвления аксона не являются строго специфичными в отношении места образования контактов (в противоположность типу нейрона, показанному на рис. 3, который строго специфичен в этом отношении) и образуют изредка контакты также и с дендритными шипиками. Это показано на электронной микрофотографии рис. 4*** *д*;
б **— тело клетки и дендритное дерево, место отхождения аксона указано стрелкой;**
в **— расположение тела клетки на границе слоя II и III коры мозга; пунктирная линия указывает на область ветвления нисходящего аксона в виде узкой полосы, которая достигает границы слоя VI;**
г **— распределение меченых тел нейронов после незначительной инъекции ^{3}H-ГАМК в глубине слоя VI коры мозга (большая точка внизу диаграммы на границе с белым веществом). В слоях IV—VI меченые клетки распределяются почти случайно и соответствуют, очевидно, тормозным интернейронам, которые захватывают меченый ^{3}H-ГАМК через свои дендриты (клетки, расположенные в непосредственной близости к месту введения) или аксонные разветвления. В слоях II и III над местом введения видна группа мелких меченых нейронов (H_1, H_2, H_3). По-видимому, это интернейроны «с двойным букетом», показанные на рис. 4,** *а—в*, **так как они посылают аксоны в глубокие слои коры;**
д **— окрашенный по методу Гольджи бутон (белая звездочка) контактирует с шипиком (Ш), образуя симметричный контакт (толстая стрелка). Этот же шипик образует асимметричный контакт с другой неокрашенной терминалью (черная звездочка). Обычно симметричные контакты рассматривают как тормозные, а асимметричные — как возбуждающие;**
е **— авторадиография полутонкого среза из верхней части слоя II. Нейроны H_1 и H_2 сильно мечены, в то время как пирамидная клетка (П), окрашенная по Гольджи, не содержит медиатора совсем (отсутствие гранул серебра на фотоэмульсии). Следовательно, мелкие интернейроны, которые метятся прямо над фокусом инъекции, являются интернейронами «с двойным букетом», показанными на Гольджи-зарисовках** *а—в*. **Эти клетки захватывают ^{3}H-ГАМК своими нисходящими аксонными ветвями. Поскольку захват ГАМК в коре головного мозга характерен для тормозных интернейронов, то можно сделать вывод, что этот тип клеток является тормозным (на что также указывает структура их синапсов на фото 4** *д*). **Так как эти клетки преимущественно контактируют с нейронами с гладкими дендритами (т. е. тормозными), можно думать, что их основная роль — торможение торможения вдоль узкой вертикальной полосы по всему поперечнику коры.**
Масштаб: *а* **— 50 мкм;** *в* **— 100 мкм;** *д* **— 0,2 мкм;** *е* **— 10 мкм. Работа И. Сомоджи и А. Ковей**

ории «мозг—психика» затрудняются дать объяснение — хотя бы теоретическое — того, каким образом высшая нервная деятельность — скажем, сознание — влияет на деятельность мозга. Нетрудно представить (но трудно объяснить), как


I
II
III
IVA
IVB
IVCα
IVCβ
V
VI
Белое вещество


I
II
III
IVA
IVB
IVCα
IVCβ
V
VI


Ш


П
H_1
H_2

деятельность нейронов в конечном итоге претворяется в сознание. Более сложно дать научное объяснение обратной причинной связи этой цепи. Правда, принципиально понять обратную так называемую «направленную вниз» причинность сразу же легче, если представить себе нейронную сеть как самоорганизующуюся систему, несущую информацию, как это делает И. Д. Дубровский (СССР, 1978). Я не считаю себя вправе анализировать здесь проблему «мозг—психика» с точки зрения информационной теории. Я знаю и то, что до сих пор мнения физиков-теоретиков по этому вопросу сильно расходятся. И все же, если связь между термодинамической энтропией* ($S = k\log W$) и шенноновской информацией ($I = -\log P$) выражает какую-то реальность и сходство между двумя формулами не является случайным совпадением, тогда в рамках «негэнтропической теории информации», сформулированной Бриллюэном, и, ограничиваясь вторым законом термодинамики, возможно представить, формулируя весьма примитивно, что «сознание оказывает влияние на деятельность мозга».

Упорядоченность системы (ее негэнтропия) может быть увеличена, правда с потерями, при овладении информацией, а из негэнтропии (снова с потерями) может быть опять получена информация. Если взаимный обмен информации и негэнтропии воспринимать как расширенный цикл Карно, тогда нам не грозит предположение о существовании какого-то «вечного двигателя», ведь нервная система, будучи живой и, значит, открытой системой, постоянно перестраивает свое упорядоченное состояние (свою негэнтропию) за счет ресурсов внешнего мира.

Читатель, наверно, простит нам, что мы забрели в область философии, хотя целью этой статьи ни в коем случае не является изложение какой-то новой теории мозга. Я хотел лишь дать представление о том, что некоторые из обсуждавшихся выше направлений в исследовании мозга не чужды главной проблематике научного мышления наших дней и не свободны от нее. И все же, располагая всеми этими знаниями, рассмотрим, какое именно направление характерно для исследования мозга на современном этапе.

Для более точного понимания ситуации важно знать, что одновременно с «микроэлектродной революцией» 50-х годов формируется современная нейрохимия, а также «этология» как самостоятельная дисциплина, изучающая поведение животных в их естественных жизненных условиях. В настоящее время начинается методологическая революция, более значительная по своим перспективам, чем уже упомянутые. Может показаться странным, что на этот раз руководящая, объединяющая остальные дисциплины роль принадлежит тем структурным исследованиям, которые с начала столетия были отодвинуты на второй план. Нет сомнений в том, что электронно-микроскопическое исследование нервных элементов, подтвердив главные положения учения о нейроне, начиная с 60-х годов значительно продвинуло нейробиологию вперед. Мы уже упомянули и о том, что электронная микроскопия нервной системы сыграла значительную роль в образовании новых воззрений на формирование нейронных сетей. Но все это кажется незначительным по сравнению с появившимся в последние 5—6 лет поразительным методом. Суть его в том, что практически каждый нейрон и даже каждый его синапс (и те синапсы, которые он образует на других нейронах, и те, которые образуются на нем) стали однозначно идентифицируемыми: 1) в анатомическом смысле, 2) в физиологическом смысле и 3) в биохимическом смысле.

1) Под идентификацией в анатомическом смысле подразумевается определение того, к какому типу нервных клеток относится нейрон, каково его дендритное дерево, куда идут главная и побочные ветви его аксонов, каковы происхождение, локализация и тип строения синапсов, которые он формирует и которые формируются на нем.

2) В физиологическом смысле нейрон является идентифицированным в том случае, если известно, чем вызывается его активность или торможение в данных искусственных экспериментальных условиях и какова его спонтанная активность (это, конечно, еще очень скромные требования, но критерий идентичности может быть уточнен в случае определения активности данного нейрона и в более сложной ситуации), а также — что, собственно, и есть конечная задача — если известно, какова активность этого нейрона при свободном поведении животного в процессе учебной или другой психологической ситуации. Последнее пока было достигнуто только в очень специальных случаях, однако нет принципиальных препятствий для того, чтобы в ближайшем будущем осуществить это и более широко.

3) Биохимически идентифицирован тот нейрон или синапс, медиаторы которого известны: или сам медиатор, или некоторые его предшественники, или расщепляющие его ферменты; а если нейрон является пептидергическим (или, в частности, и пептидергическим), он должен быть идентифицирован еще и иммуноцитологическим методом, как тело нейрона, так и его синапсы.

Все эти методы идентификации в отдельности были возможны и до сих пор. Новизна состоит в том, что эти три метода теперь возможны одновременно на одном нейроне или синапсе и даже на электронно-микроскопическом уровне. Конечно, идентификацию определенного нервного элемен-

* *Негэнтропия* — величина, противоположная по знаку энтропии. *Энтропия* — функция состояния термодинамической системы — мера неупорядоченности системы. Тогда негэнтропия — напротив, мера ее упорядоченности. — *Ред.*

та совершенно строго удается провести только в очень редких случаях. Но для нас сейчас важно, что мы уже в принципе владеем техническим арсеналом для такого исследования. Возможности его ограничены огромными затратами рабочего времени и тем, что необходимое оборудование и профессиональный опыт в большинстве случаев рассредоточены в различных институтах.

Перекрестная идентификация (идентификация нейрона в вышеупомянутых аспектах) может быть осуществлена различными способами. Самый непосредственный путь — когда нейрон, исследованный микроэлектродами внутриклеточно, после получения как можно большего количества физиологических параметров заполняется концентрированным раствором пероксидазы хрена (обычно выдавливанием раствора через электрод, представляющий собой стеклянный капилляр). Пероксидаза хрена за несколько часов заполняет все главные отростки нервной клетки, а также синапсы, образованные этими отростками. После проведения реакции на выявление темно-коричневого осадка пероксидазы хрена вся нервная клетка становится видна под микроскопом. Таким образом, полная система отростков нервной клетки, первоначально идентифицированной в физиологических экспериментах, видна так же чисто, как это раньше было возможно только с помощью метода Гольджи (Golgi, Италия, 1870) путем осаждения хромовых солей серебра. Вот почему эти методы и называются методами Гольджи второго поколения, однако с той разницей, что при их помощи выявляется не какая-то случайная нервная клетка, а конкретная, ранее идентифицированная в физиологическом опыте.

Соответствующими микроскопическими методами возможно найти все синапсы этого нейрона, а также установить тип их тонкой структуры, точную локализацию и т. п. Выбрав один из имеющихся в нашем распоряжении многочисленных методов, например, посредством принимаемой нейроном и доставляемой им до синапса меченой радиоактивно аминокислоты, можно определить и происхождение синапсов, образованных на поверхности данного нейрона. Наконец, иммуноцитологическим или биохимическим методами можно установить, какие медиаторы участвуют в возбуждающих или тормозных импульсах идентифицированного нейрона и его синапсов.

На этих примерах уже нетрудно представить, что при умело и правильно выбранной комбинации методов каждый элемент нервной системы может подвергнуться детальной анатомической, физиологической и биохимической перекрестной идентификации в соответствии с ранее перечисленными критериями. Подробное изложение каждого отдельного примера было бы слишком длинно, но все же я хотел упомянуть, что такого рода анализ успешно проводится при изучении коры мозга млекопитающих. Так идентифицирована, например, пирамидная клетка (специальная выходная клетка коры мозга высших животных), осуществляющая торможение при помощи медиатора гамма-аминомасляной кислоты (Сомоджи — Somogyi, Венгрия, 1977, 1979).

Подобно этому проводится такой же детальный анализ клетки (обнаруженной Рамон-и-Кахалом — Ramon y Cajal, Испания), обладающей большой специфичностью разветвления дендритов. Эта клетка тормозит тормозные нейроны действием того же медиатора гамма-аминомасляной кислоты. Этот тип клетки интересен еще и потому, что в ней осуществляется «торможение торможением» — физиологический процесс, уже давно открытый в высшей нервной деятельности Павловым. (Правда, мы не знаем лежит ли в самом деле в основе павловского процесса этот элементарный клеточный механизм.)

Можно ли в скором времени ожидать точного и однозначного описания нервной системы, скажем, животного, обладающего относительно небольшим числом нервных клеток? Мне кажется, учитывая все изложенное выше о нервной системе, на этот вопрос придется пока ответить отрицательно. Если «нейронный шум» — важная часть деятельности нервной системы, то такая система не может быть представлена как простой рефлекторный автомат (о чем мы уже говорили), и только после однозначного опознания ее нейронных связей и их статистического описания перед нами встает по-настоящему большая задача — выяснить, какие динамические, пространственно-временные формы связей складываются в некоторых нервных сетях и при каких условиях, какие могут возникнуть состояния стабильности и нестабильности, циклы, функциональные разветвления и «катастрофы» (понимая это в соответствии с теорией катастроф Тома).

Нам, таким образом, не надо бояться того, что исследователи мозга станут безработными. Однако с большой вероятностью можно предсказать, что исследование мозга через несколько сотен лет (помимо актуальной коррекции прежних знаний из-за значительного развития методов) только по своему названию будет идентично нынешнему. Великий немецкий оптик Э. Аббе (Abbe), выдающийся исследователь стеклянных линз и возможных с их помощью увеличений, познав теоретические границы разрешающей способности оптического микроскопа, сказал: «Возможно, что когда-нибудь создадут системы линз с существенно бóльшим разрешением, нежели у нынешних микроскопов, однако они только по своему названию будут сходны с теперешними». И в самом деле, современные высокоразрешающие электронные и нейтронные микроскопы только по своему названию схожи с оптическими. По аналогии то же самое можно сказать и об исследовании мозга в следующем столетии.

Виктор Михайлович ЖДАНОВ (р. 1914) — вирусолог, доктор медицинских наук, профессор, академик АМН СССР, директор Института вирусологии имени Д. И. Ивановского АМН СССР.

В 1936 окончил с отличием Харьковский медицинский институт и в 1941 физический факультет Ленинградского университета. Работал врачом в пограничных войсках МВД (1936—1946), заведующим лабораторией, отделом, директором Харьковского института эпидемиологии и микробиологии имени И. И. Мечникова (1946—1951) и одновременно доцентом (1946—1948) и заведующим кафедрой эпидемиологии (1948—1951) Харьковского института усовершенствования врачей, начальником Главного санитарно-эпидемиологического управления Министерства здравоохранения СССР (1951—1955), заместителем министра здравоохранения СССР (1955—1960).

С 1961 — директор Института вирусологии имени Д. И. Ивановского АМН СССР. В 1960—1963 — академик-секретарь Президиума АМН СССР.

В 1951—1961 руководил лабораторией гриппа, а с 1961 возглавляет лабораторию физиологии вирусов Института вирусологии АМН СССР.

В 1944 защитил кандидатскую, 1947 — докторскую диссертации, в 1949 получил ученое звание профессора, в 1950 году избран членом - корреспондентом АМН СССР и в 1960 — академиком АМН СССР.

В. М. Жданов — основатель (1957) и бессменный руководитель Регионального центра СССР по гриппу, с 1971 — председатель правления Всесоюзного общества микробиологов, эпидемиологов и паразитологов имени И. И. Мечникова, основатель (1956) и главный редактор журнала «Вопросы вирусологии», член редакционной коллегии журнала «Интер-вайролоджи» (с 1973). В 1970—1974 — президент Всемирной ассоциации микробиологов.

В. М. Жданов — автор двух открытий, внесенных в государственный реестр СССР (1969, 1971), 28 монографий, одна из которых — «Вирусология» — удостоена (1969) премии имени Д. И. Ивановского АМН СССР.

Награжден двумя орденами Октябрьской Революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Красной Звезды. За участие в осуществлении программы Всемирной организации здравоохранения по ликвидации оспы награжден (1976) орденом Бифуркационной Иглы.

В. М. Жданов — почетный член Венгерской Академии наук, ряда научных обществ СССР, Бельгии, Венгрии, ГДР, Индии, Польши, США, Чехословакии, член международного комитета по классификации и номенклатуре вирусов. В 1958—1960 — член Исполкома Всемирной организации здравоохранения.

Виктор Михайлович ЖДАНОВ

Человек и вирусы

С тех пор как в 1892 г. выдающийся русский ботаник Д. И. Ивановский открыл мир вирусов, эти мельчайшие частички жизни стали объектом изучения многих наук, так как оказалось, что везде, где есть жизнь, имеются и вирусы. Вирусы поражают человека, животных, растения и даже одноклеточные организмы.

Не всегда поражение вирусами того или иного организма — болезнь. Многие вирусы, паразитируя внутри клеток (особенно часто это бывает у низших организмов — бактерий, грибов, простейших), приносят полезные данному виду свойства. Например, бактериальный вирус (бактериофаг), паразитирующий на дифтерийных бактериях, сообщает им способность вырабатывать токсин — свойство, полезное для бактерии, но роковое для человека. У многих бактерий устойчивость к антибиотикам приносится вирусоподобными образованиями — плазмидами. Эти примеры можно было бы умножить.

Более того, имеются веские основания предполагать, что вирусы как переносчики блоков генетической информации играли и играют важную роль в эволюции органического мира нашей планеты, притом не только на ранних ее этапах, когда существовали лишь примитивные одноклеточные организмы, но и значительно позже, когда появились растения и животные. Эту концепцию развивает и автор данной статьи, доказывая, что даже опухолеродные вирусы позвоночных не следует рассматривать односторонне, только как возбудителей тяжелых патологических процессов (В. М. Жданов, Т. И. Тихоненко, 1974). Можно в шутку сказать, что вирусы — распространители передового опыта в биосфере. Более подробно эти взгляды изложены в рекомендуемой литературе.

Но в этой статье речь пойдет о другом — о вирусах как врагах человека, возбудителях разнообразных болезней, о трудностях борьбы с ними и о достигнутых победах, о ближайших и отдаленных перспективах преодоления многочисленных вирусных заболеваний, поражающих человека с первых дней его жизни (или даже во внутриутробный период) до глубокой старости.

Мы сказали о многочисленности вирусных болезней, поражающих человека. Сколько же известно их возбудителей — вирусов? Последние наши подсчеты (В. М. Жданов, 1982) показывают, что человека могут поражать около 800 разных вирусов. Из них более 400, включая серологические разновидности (т. е. разновидности, отличающиеся антигенным составом, а следовательно, не дающие перекрестного иммунитета), являются паразитами человека или преимущественно человека. Примерно столько же еще вирусов, поражая домашних и сельскохозяйственных животных или встречаясь в дикой природе, могут вызывать заболевания человека, иногда очень тяжелые и с высокой смертностью. К сожалению, все они в той или иной мере наносят ущерб здоровью человека, и среди них мы не знаем приносящих человеку пользу.

Среди антропонозов (так называют болезни, свойственные только человеку) наибольшее значение имеют грипп, вирусные гепатиты, корь. Недавно в этом списке были полиомиелит и оспа. Полиомиелит вызвал грозные эпидемии во всем мире, включая нашу страну, в 50-е годы, сопровождавшиеся высокой смертностью и оставившие после себя искалеченных детей — инвалидов на всю жизнь. Однако тогда же совместными усилиями американских ученых Д. Солка и А. Сэбина (Salk, Sabin) и советских вирусологов М. П. Чумакова и А. А. Смородинцева были созданы эффективные вакцины против полиомиелита из инактивированных (убитых) или аттенуированных (ослабленных) вирусов полиомиелита — а их известно три серологические разновидности — и было освоено массовое производство этих вакцин. У нас нашла широкое применение вакцина из живого аттенуированного вируса. В те же годы (конец 50-х — начало 60-х) были организованы массовые прививки (вакцинация и ревакцинация) против полиомиелита, эпидемия быстро пошла на убыль, а затем массовая заболева-

емость населения этой тяжелой инфекцией была ликвидирована. Особенностью полиомиелита является то, что иммунитет к нему, защищая от повторных заболеваний, в то же время не вполне препятствует длительному существованию вируса в организме, точнее, в клетках эпителия кишечника. Поэтому выздоровевший от полиомиелита или привитый человек может остаться носителем вируса и, следовательно, источником заражения окружающих. Этим и объясняется тот факт, что после ликвидации массовой заболеваемости могут продолжаться единичные заболевания среди людей непривитых, или плохо вырабатывающих прививочный иммунитет, или утративших его. Даже в масштабе нашей страны это немногие десятки заболеваний, притом протекающие доброкачественно. Поэтому трудно переоценить значение победы, достигнутой над полиомиелитом в нашей стране и ряде других стран.

Еще более значительна победа над оспой, осуществленная в глобальном масштабе. В отличие от полиомиелита перенесенная оспа вызывает развитие стерилизующего иммунитета, а переболевший человек не является переносчиком инфекции. Существующие вакцины, начало применения которых положено еще в конце XVIII столетия Э. Дженнером (Jenner, Англия), также вызывают развитие иммунитета, длящегося многие годы. Эти особенности оспы дали основание советским ученым (В. М. Жданов, В. И. Вашков, М. А. Морозов) разработать программу, а автору этой статьи выступить от имени Советского правительства на одиннадцатой сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения в 1958 г. с программой ликвидации оспы во всем мире. Советское правительство не только поддержало усилия Всемирной организации здравоохранения по ликвидации оспы, но и внесло решающий вклад в эту программу. Почти за два десятилетия, которые потребовались для глобального искоренения оспы, Советский Союз передал для проведения прививок более 1,5 млрд. доз оспенной вакцины. На всех этапах осуществления этой программы советские специалисты работали в штаб-квартире Всемирной организации здравоохранения и в наиболее тяжелых очагах оспы — в Юго-Восточной Азии и в Африке. Исполнилось уже более пяти лет, как оспа ликвидирована на Земле, и вирус оспы сохранился лишь в немногих лабораториях, где он изучается.

Успешно ведется наступление на корь. Совместными усилиями ученых ряда стран — Д. Эндерса (Enders, США), А. А. Смородинцева, О. Г. Анджапаридзе (СССР) и других вирусологов (в их числе эту проблему разрабатывала в нашей лаборатории Л. Л. Фадеева) — получена коревая вакцина из аттенуированных вирусов кори. Вакцина хорошо переносится детьми и сообщает устойчивый иммунитет. Массовые прививки этой вакциной уже позволили снизить заболеваемость корью в несколько раз, а еще больше — осложнения и смертность от нее. Однако возможности коревой вакцины далеко не исчерпаны, и улучшение организации прививок, как показывает опыт некоторых стран, позволит довести заболеваемость корью до единичных случаев. В ряде мест нашей страны прививки против кори успешно комбинируются с прививками против эпидемического паротита, в просторечии именуемого «свинкой».

До сих пор мы говорили об успехах в борьбе с вирусными болезнями. Некоторые из них, прежде всего глобальная ликвидация оспы, навсегда войдут в историю как примеры победы объединенных усилий человечества.

Но в целом преодоление вирусных инфекций — далеко еще не решенная проблема, и большинство таких инфекций остаются вне контроля со стороны человека. Более того, заболеваемость многими вирусными болезнями не только не снижается, но непрерывно нарастает. Это прежде всего относится к наиболее распространенным вирусным заболеваниям — гриппу и вирусным гепатитам.

Каждую осень с наступлением холодных и дождливых дней начинается рост гриппоподобных заболеваний, которые раньше называли «простудными катарами», «острыми катарами дыхательных путей», а теперь чаще всего обозначают как «острые респираторные заболевания» или сокращенно ОРЗ. На фоне их постоянного роста в конце декабря, а иногда раньше (в ноябре) или позже (в январе или даже в феврале) возникают стремительные эпидемические вспышки, которые в течение 3—4 недель охватывают население таких больших городов, как Москва или Ленинград, а за полтора месяца — население всей страны. Интенсивность этих эпидемий бывает разная: чаще всего они поражают 10—12% населения. Однако время от времени эпидемии бывают весьма интенсивными, охватывая до 30% и больше населения. Обычно это бывает в пандемические годы, когда волна гриппа — настоящее цунами — поражает население всего земного шара. В 1957 г., когда такое «цунами» гриппа достигло нашей страны, во всем мире заболело до 2 млрд. человек (рис. 1).

Таким образом, эпидемии гриппа наносят не только вред здоровью населения, но и вызывают значительный экономический ущерб. Речь идет о миллиардных убытках на промышленных предприятиях из-за временной потери трудоспособности заболевшими или необходимости ухода за больными детьми (данные сотрудника нашего института А. Н. Слепушкина). Трудно учесть дополнительный вред здоровью населения, наносимый гриппом, однако известно, что во время гриппозных эпидемий повышается смертность от сердечно-сосудистых, легочных и других хронических болезней: грипп ухудшает состояние таких

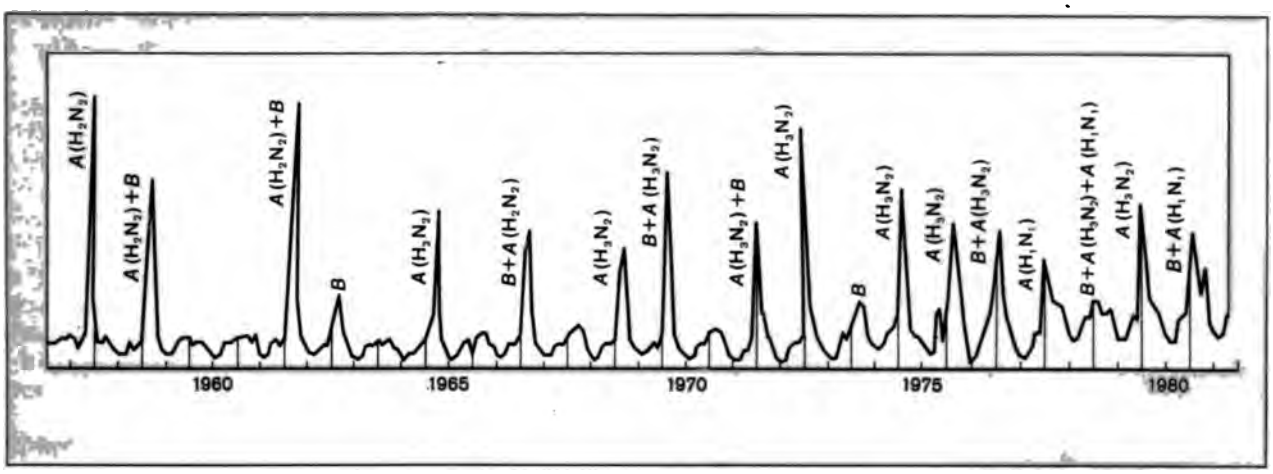


Рис. 1. Заболеваемость гриппом и ОРЗ в СССР. Надписи над пиками эпидемий указывают, какие вирусы вызвали эти эпидемии. Для вирусов типа А даются антигенные формулы: H2N2, H3N2, H1N1. Кривые составлены сотрудником нашего института И. В. Антоновой

больных и нередко выносит им смертельный приговор.

Что касается острых респираторных заболеваний, являющихся своеобразным «фоновым шумом», на котором развиваются эпидемии и пандемии гриппа, то этиология их многообразна, и число разных вирусов, вызывающих эти гриппоподобные заболевания, в настоящее время превысило сотню. Но здесь речь пойдет именно о гриппе, возбудители которого немногочисленны, — вирусы гриппа А, В и С. Из них наиболее частым виновником эпидемий является вирус гриппа А. Вирус гриппа В достаточно редко — раз в 4—6 лет — вызывает эпидемии, которые развиваются сравнительно медленно и, как правило, охватывают 8—10% населения. Вирус гриппа С вызывает рассеянные заболевания и почти никогда не дает эпидемических вспышек. Поэтому многое из того, что будет сказано далее о гриппе, относится к вирусам гриппа А.

Причина глобального распространения гриппа — в уникальных особенностях его возбудителей, не имеющих аналогов среди других вирусов: фрагментарность генома и изменчивость белков (гликопротеидов), с которыми связан иммунитет к гриппу. На эти особенности мы обратили внимание еще в начале 50-х годов, а более подробный анализ дали в монографии о гриппе (В. М. Жданов, В. Д. Соловьев, Ф. Г. Эпштейн, 1956).

Вирионы (вирусные индивидуумы) гриппа имеют форму, приближающуюся к шарообразной, с диаметром 100—120 нм. Вирионы содержат сердцевину, представленную восемью фрагментами РНК — генами, упакованными в футляр из белковых молекул и свернутыми в тугую спираль. Эта спираль окружена внутренней мембраной из белковых молекул, а снаружи одета слоем липидов, в который погружены гликопротеиды внешней оболочки — гемагглютинин и нейраминидаза. С этими двумя белками и связан иммунитет, формирующийся против гриппа (рис. 2,*а* и 2,*б*).

Первая особенность вируса гриппа — фрагментарность его генома — обеспечивает возможность обмена генами между двумя вирусами, если ими обоими заражены одни и те же клетки. В этом случае в клетке синтезируются два набора одноименных генов двух разных вирусов. Если вирусы относятся к одному и тому же серотипу (соответственно А, В или С), то в потомстве появляются вирусы с разными комбинациями одноименных генов и соответственно с разным набором поверхностных антигенов. Такие вирусы называют рекомбинантами или реассортантами (вирусы с пересортированными генами). Особенно легко их выделить, если ввести в среду иммунные сыворотки к тем или иным антигенам. Так, например, при совместном выращивании в клетках двух вирусов с разными гемагглютининами (НА или Н) и нейраминидазами (NA или N), например вируса H3N2 и вируса H1N1 (обычно разным Н и N присваивают разные числа— номера), в потомстве образуются как исходные формы, так и рекомбинанты:

$$H1N1 \times H3N2 \rightarrow H1N1,\ H3N2,\ H1N2,\ H3N1.$$

Как показали наши исследования (В. М. Жданов, Д. К. Львов, Л. Я. Закстельская), процессы рекомбинации (пересортировка генов) не только легко воспроизводятся в эксперименте, но часто наблюдаются и в естественных условиях, являясь одной из главных причин изменчивости вирусов гриппа. Более того, они взяты на вооружение как метод получения штаммов вируса гриппа для приготовления вакцин.

Второе свойство этих вирусов — изменчивость их гликопротеидов, гемагглютинина и нейраминидазы — бывает двух родов. В одних случаях

Если считать иммунопрофилактику основным направлением в борьбе с гриппом, то целью должно быть создание универсальной гриппозной вакцины, которая содержала бы все прошлые (исчезнувший вирус может вернуться, как показало установленное нами — В. М. Жданов, Л. Я. Закстельская и Д. К. Львов — появление вируса H1N1 в 1977 г.), настоящие и будущие шифт- и дрейф-варианты вируса гриппа. Сколько их? На этот вопрос пока трудно ответить, во всяком случае речь идет о многих десятках, если не сотнях антигенных детерминант. Немало лет, а может быть и десятилетий пройдет, пока эта задача будет решена. И решение ее потребует, конечно, применения не традиционных, а генно-инженерных методов приготовления вакцины.

Если делать ставку на химиотерапию, то потребуется изыскать комплекс химиотерапевтических препаратов, способных не только излечить болезнь, но и предотвратить распространение вируса, а это пока всего лишь мечта. И на традиционный вопрос, неужели наука не способна быстро решить проблему — мы ответим: радикальное решение проблемы гриппа — дело не слишком близкого будущего, так как предстоящий объем научных исследований и методические трудности чрезвычайно велики. Вместе с тем уже сейчас мы можем сделать многое в борьбе с гриппом, если научные достижения будут интенсивно внедряться в практику и если усилия ученых будут концентрироваться на узловых вопросах и должным образом координироваться.

Вирусные гепатиты — вторая из наиболее массовых вирусных инфекций — представляют неоднородную группу заболеваний. Гепатит А вызывается вирусом, очень сходным с возбудителем полиомиелита. Это мелкий (22—25 нм) вирус сферической (точнее, икосаэдрической) формы, геномом которого является однонитчатая РНК с молекулярной массой около 4 млн. дальтон. По нашим данным (В. М. Жданов, В. М. Стаханова) известны две, а может быть, три серологические разновидности вируса, не дающие перекрестного иммунитета: этим объясняются повторные заболевания гепатитом А одних и тех же людей. Гепатит А — кишечная инфекция. Вирус попадает в организм человека через рот, болезнь развивается после инкубационного периода (3—4 недели), сопровождается размножением вируса в печени, циркуляцией его в крови и выделением с фекалиями. Болезнь почти всегда протекает остро, больной заразен в последнюю неделю инкубации и первую неделю болезни, затем он перестает быть источником инфекции.

Гепатит В — совершенно иное заболевание. Возбудитель его — сложно устроенный вирус, который до последнего времени не был классифицирован. Недавно три похожих вируса были получены от сурков и других грызунов в США.

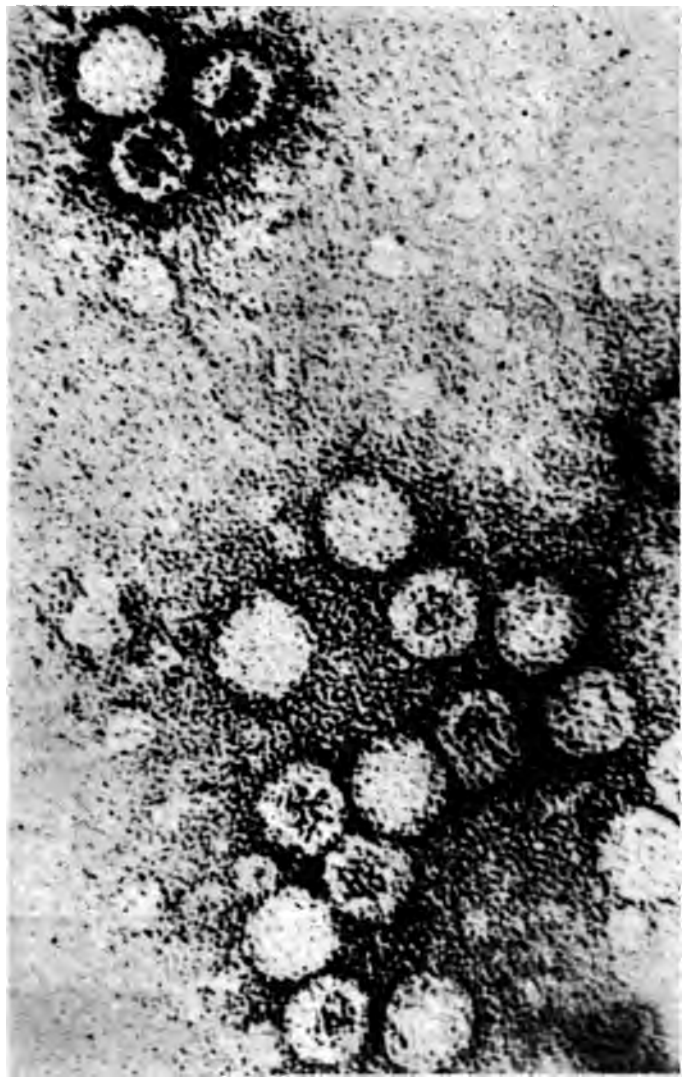


Рис. 5. Вирионы гепатита В, покрытые антителами. Увеличение в 150000 раз. Некоторые вирионы полые. Антитела — полоски, покрывающие поверхность вирионов (препарат Г. К. Зайрова, Институт вирусологии имени Д. И. Ивановского АМН СССР)

Генетический материал вируса гепатита В — двухнитчатая ДНК с молекулярной массой около 2 млн. дальтон; одна из нитей неполная, дефект ее достигает около 30% длины. В составе вирионов имеется уникальный вирус-специфический фермент — ДНК-зависимая ДНК-полимераза. После проникновения вируса в клетку фермент помогает устранить дефект, синтезируя недостающую часть одной из нитей ДНК. Предполагается, что с «дошиванием» неполной нити ДНК связана способность генома вируса гепатита В интегрироваться в геном зараженной клетки, ковалентно встраиваясь в хромосому ее ядра.

Вирионы (раньше их называли частицами Дейна — Dane, США) имеют сложное строение (рис. 5). Диаметр их 42 нм, они состоят из сердце-

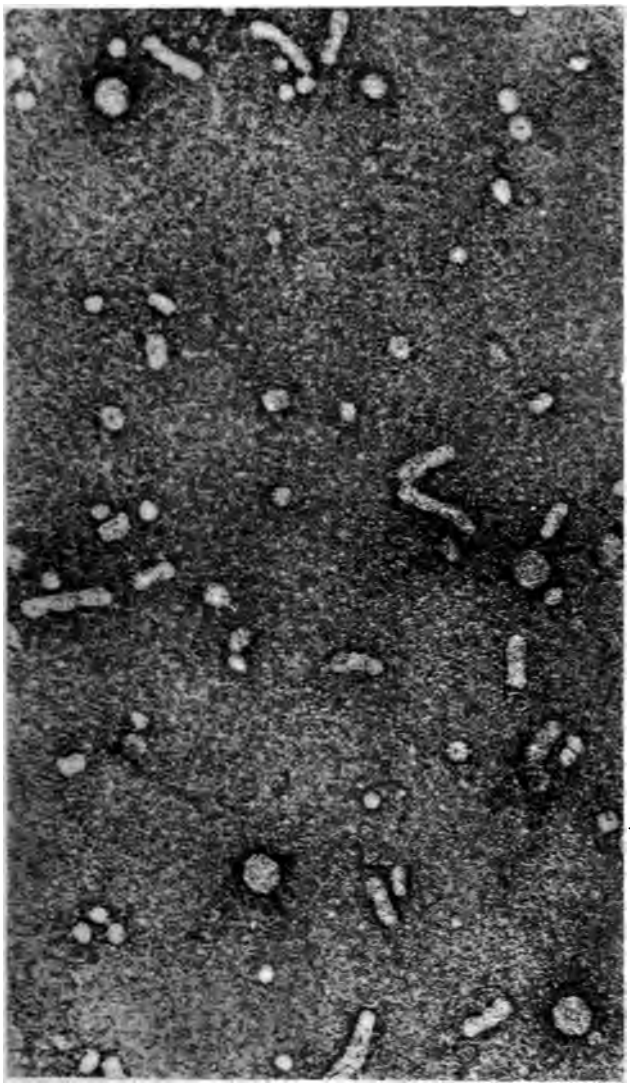


Рис. 6. Вирионы (большие круглые частицы) и белок HBsAg (круглые и нитевидные частицы) в плазме крови больного гепатитом В. Увеличение в 140 000 раз

вины и наружной оболочки. Сердцевина представляет свернутую в спираль ДНК с молекулой полимеразы, заключенную в шарообразное тело, состоящее из многих десятков (или нескольких сотен) одинаковых белковых молекул и имеющее диаметр 27 нм. Наружная оболочка состоит из вирусных белков (гликопротеидов) и липидов. Белки вируса гепатита В имеют антигенные свойства и обозначаются так: HBsAg — поверхностный антиген, ранее называвшийся «австралийским», HBcAg — сердцевинный антиген, HBeAg — так называемый «е» (читается — и) антиген — маркер инфекционности и уже упоминавшаяся полимераза, также обладающая антигенными свойствами.

Наряду с вирионами в организме больного или носителя синтезируется в большом избытке HBsAg, который в электронном микроскопе выглядит как сферические или продолговатые частицы (рис. 6). Это как бы «пустые» вирусные частицы, не содержащие сердцевины, а следовательно, не имеющие ДНК-полимеразы, HBcAg и HBeAg. Иммунитет к гепатиту В связан с антителами к HBsAg, точнее, с его составной частью — белком «*а*» с молекулярной массой порядка 12 000 дальтон.

В свете современных данных размножение вируса гепатита В имеет необычный характер, так как оно связано с упомянутой уже интеграцией вирусного генома в клеточный. Многие стадии цикла репродукции вируса гепатита В до сих пор остаются неясными. По-видимому, в клетках печени, зараженных вирусом гепатита В, происходят два типа процессов — острая вирусная инфекция и интеграция. Эта концепция, высказанная нами несколько лет назад (1974), нашла экспериментальное подтверждение.

Острая вирусная инфекция происходит в период инкубации и продолжается в течение 3—4 недель после наступления желтухи. Именно в это время в крови больных обнаруживается активный вирус, маркерами которого являются HBcAg и HBeAg, а также ДНК-полимеразная активность, а при электронной микроскопии — полноценный вирус (частицы Дейна).

Интеграция вирусного генома в клеточный сопровождается интенсивной продукцией белка HBsAg, который обнаруживается в крови в громадных количествах, достигая величины 10^{12} частиц/мл. Это, по нашему мнению, объясняется тем, что интеграция происходит в те участки хромосом, где есть много активно работающих генов, например, генов альбумина. Поскольку интегрированный в хромосомы геном вируса гепатита В становится как бы составной частью клеточного генома, продукция HBsAg и сохранение его в организме может длиться многие месяцы, годы и даже пожизненно и представлять потенциальный источник инфекции.

Болезнь развивается после инкубационного периода продолжительностью 50—180 дней (чаще 80—100 дней). В основе ее лежит поражение печени с развитием желтухи. Кровь больных заразна в период инкубации за много недель до начала болезни. При благоприятном течении больной перестает быть источником инфекции через 3—4 недели после развития желтухи. Однако общее течение болезни при гепатите В значительно более тяжелое, чем при гепатите А, летальность может достигать 6% и более, и имеется отчетливая тенденция перехода болезни в хроническое течение с последующим развитием цирроза печени. Тем не менее часть заразившихся переносит болезнь в субклинической или бессимптомной формах, нередко оставаясь носителем HBsAg.

Если не считать небольшого числа бытовых заражений (в том числе половым путем, а также при родах и возможной трансплацентарной передаче), то заболевания гепатитом В связаны с парентеральным (при инъекциях) заражением. В нынешнее время, когда парентеральные вмешательства приняли массовый характер, вероятность заражения гепатитом В весьма велика. При массовых обследованиях доноров крови присутствие HBsAg (а следовательно, весьма вероятно и вируса) колеблется от 0,5 до 3%, а в ряде мест и выше. Подсчитано, что в мире имеется не менее 150 млн. носителей HBsAg (данные ВОЗ), а в СССР их не менее 3 млн. человек (наши ориентировочные подсчеты, основанные на массовых исследованиях доноров). Если учесть устойчивость возбудителя, то вероятность заражения гепатитом В достаточно велика. Назовем главные пути передачи гепатита В: парентеральные вмешательства в больницах, поликлиниках и при оказании помощи на дому; переливания крови; профилактические прививки; хирургические вмешательства; зубоврачебные процедуры; маникюр и педикюр; взятие крови для анализов; гемодиализ; пластические операции; пересадка органов и т. д. и т. п.

В прошлом были описаны большие вспышки гепатита В после массовых прививок против желтой лихорадки (Англия), москитной лихорадки (СССР), среди больных сифилисом, подвергавшихся сальварсанотерапии (Англия, США). Немало бед наделала игла Франка, пока она не была заменена иглами одноразового пользования.

Многие каналы заражения гепатитом В были перекрыты, например, после введения центральных стерилизационных в больших больницах по инициативе клинического отдела Института вирусологии имени Д. И. Ивановского АМН СССР, после введения безыгольных инъекторов, шприцов и игл одноразового пользования, и все же до сих пор существует много возможностей заражения.

По-видимому, имеется еще один вирус, патогенез, клиника и эпидемиология которого сходны с гепатитом В, однако у больных отсутствует продукция HBsAg. Он получил неудачное название вируса гепатита «ни А, ни В». Будущее изучение покажет, является ли этот вирус серотипом вируса гепатита В или самостоятельным, третьим возбудителем вирусных гепатитов.

Проблема вирусных гепатитов требует комплексного решения. К сожалению, оба вируса, или, может быть, обе группы вирусов, не культивируются в достаточных количествах в культурах тканей. Экспериментальные образцы вакцин гепатита В, полученные в нашем институте (В. А. Ананьев, С. О. Вязов) и в США из HBsAg, взятого от носителей, показали их высокую эффективность. Однако это малоперспективный путь решения проблемы. Именно здесь современная генная инженерия уже нашла пути получения вакцин для профилактических прививок против гепатитов А и В, и можно надеяться, что освоение их массового производства вместе с комплексными профилактическими мерами позволит уже в начавшемся десятилетии добиться победы над этими широко распространенными и тяжелыми вирусными инфекциями (рис. 7). Если к тому же удастся получить химиотерапевтические вещества, активные в отношении вирусных гепатитов, и если интерферон найдет применение для предупреждения и лечения гепатита В, это несомненно приблизит сроки победы над вирусными гепатитами.

Мы старались привлечь внимание читателей к двум группам наиболее массовых заболеваний — гриппу и вирусным гепатитам и пришли к выводу, что иммуно- и химиопрофилактика — основные пути эффективной борьбы с ними вплоть до ликвидации массовой заболеваемости. Вирусные гепатиты в этом отношении вызывают больше оптимизма, чем грипп, но в не слишком близком будущем и грипп будет побежден. А как же быть с остальными вирусными болезнями, поражающими человека? Нельзя же серьезно думать о создании нескольких сот вакцин, которые будут прививаться людям? Хотя, быть может, для профилактики некоторых (немногих!) из этих инфекций вакцины и нужны. Это, в частности, относится к герпетической инфекции, поражающей глаза и половые органы, — при этих формах болезни, помимо химиотерапевтических препаратов, положительный эффект дает лечебная вакцинация. Краснуха и цитомегаловирусная инфекция вызывают уродства плода у беременных, поэтому имеет смысл профилактическая вакцинация, с тем чтобы создать иммунитет к этим болезням. В отдельных местностях, где имеются природные очаги клещевого энцефалита и геморрагических лихорадок, имеет смысл вакцинация некоторых

СТО ЛЕТ НАЗАД

Немецкий бактериолог Ф. Леффлер выделил в чистой культуре возбудителя дифтерии, открытого за год до этого Клебсом.

Шведский физиолог М. Бликс и немецкий физиолог А. Гольдшейдер независимо друг от друга установили наличие на коже высокочувствительных точек, специфически реагирующих на определенный вид раздражителя — тепло, холод; кроме того, они заключили, что существуют еще и тактильные точки, чувствительные к прикосновению и давлению.

Немецкий врач Р. Кренлейн первым произвел операцию по удалению остро воспаленного червеобразного отростка слепой кишки (название «аппендицит» ввел спустя два года Р. Фитц).

групп людей (лесорубы, геологоразведчики и др.), работающих в этих очагах. Вакцинация должна проводиться лабораторным работником, имеющим соответствующую квалификацию и навык обращения с опасными вирусами. Нет надобности доказывать необходимость прививки против бешенства, если установлен или подозревается укус бешеным животным. Одним словом, нужны многие вакцины, которые применяются и будут применяться для защиты разных групп населения от разных вирусных инфекций.

Эти соображения еще более актуальны для поиска новых химиотерапевтических препаратов, эффективных при лечении и профилактике вирусных инфекций. К сожалению, успехи в этом направлении пока невелики, и имеется менее десятка препаратов с узким спектром активности — против оспы, герпеса, гриппа и некоторых других вирусных заболеваний.

Но вернемся снова к вирусам. Существуют две открытые полости, которыми человеческий организм связан с внешним миром: дыхательные пути и пищеварительный тракт. В течение жизни человека, особенно в детском возрасте, через эти полости проходят многие десятки и сотни бактерий и вирусов. Некоторые из них, как, например, кишечная палочка, навеки поселяются в кишечнике, другие — аденовирусы — могут многие годы находиться в тканях миндалин (Р. С. Дрейзин, В. М. Жданов, 1968). По тому, каким путем частицы попадают в организм человека, вся масса этих и уже упоминавшихся выше вирусов может быть условно подразделена на две большие группы: респираторные и кишечные.

К респираторным вирусам относится несколько групп: респираторно-синцитиальный вирус, парагриппозные, коронавирусы, риновирусы, аденовирусы, реовирусы (последние занимают промежуточное положение между респираторными и энтерическими, т. е. кишечными вирусами). Многие из них высокопатогенны для человека и вызывают тяжелые заболевания дыхательных путей, как, например, респираторно-синцитиальный вирус. Другие — менее патогенны, как, например, риновирусы, чаще всего вызывающие насморк. Но имеется у них и нечто общее: патогенность их не абсолютна. Поэтому заражение в одних случаях проходит без болезни, хотя после перенесенной бессимптомной инфекции вырабатывается иммунитет. В других случаях развивается легкое заболевание с небольшой лихорадкой или без нее, с признаками слабовыраженного воспаления верхних дыхательных путей, после чего также вырабатывается иммунитет. Наконец, в третьих случаях наступает тяжелое, а иногда смертельное заболевание.

Сходным образом реагирует организм человека на заражение многочисленными энтеровирусами — вирусами полиомиелита, Коксаки, ECHO, ротавирусами. В одних случаях — это бессимптомная инфекция, в других — легкие расстройства кишечника, в третьих — тяжелые заболевания, клиника которых весьма разнообразна. При полиомиелите развиваются тяжелые поражения спинного мозга с параличами, остающимися на всю жизнь, при заражении вирусами Коксаки могут развиваться серозный менингит (воспаление мягких мозговых оболочек), или лихорадка с миалгией (сильными мышечными болями), или, наконец, полиомиелитоподобные заболевания. Некоторые энтеровирусы, например

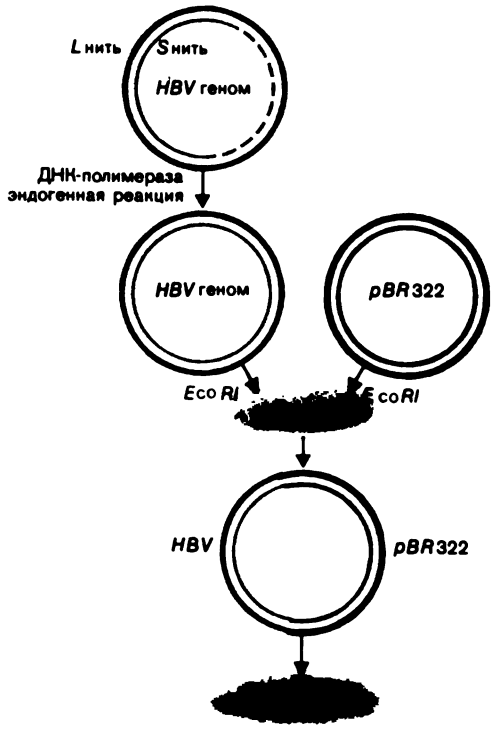


Рис. 7. Схема генно-инженерных операций для получения рекомбинантной плазмиды (pBR322), несущей геном вирусного гепатита В (HBV). Вначале с помощью эндогенной ДНК-полимеразы достраивают неполную цепь ДНК в вирионах гепатита. Выделенные ДНК (HBV и pBR322) обрабатывают ферментом рестриктазой (EcoR1), образуя линейные молекулы с «липкими» концами. Затем производят гибридизацию (отжиг) обеих молекул и получают рекомбинантную молекулу HBV + pBR322, которую вводят в клетки кишечной палочки (клонирование)

энтеровирус № 71, могут вызвать заболевания, неотличимые от паралитического полиомиелита. Наконец, ротавирусы являются, как недавно было показано, одной из главных причин острых кишечных расстройств у маленьких детей, а в тропических странах — одной из главных причин смертности детей от желудочно-кишечных заболеваний.

Многочисленные вирусы циркулируют в природных очагах среди диких животных и передаются через укусы кровососущих клещей и насеко-

мых. К ним относятся такие тяжелые заболевания, как клещевой энцефалит (правильнее — клещевые энцефалиты, так как существует несколько разных форм этих заболеваний), японский энцефалит, американские энцефаломиелиты (восточный, западный и венесуэльский), геморрагические (кровоточивые) лихорадки (омская, крымская, Конго и др.), желтая лихорадка, лихорадка денге (четыре серологические разновидности вирусов), москитная лихорадка и многие другие. Это лишь краткий перечень тяжелых, нередко смертельных заболеваний.

Пути циркуляции вирусов в природе самые разные. Очаги клещевого энцефалита в сибирской тайге поддерживаются обменом вирусами между таежными зверьками и клещами, причем последние могут передавать вирус потомству трансовариально (т. е. через яйца, из которых выводится личинка, превращающаяся в зрелого клеща). Человек заражается, попадая в природные очаги клещевого энцефалита и подвергаясь укусам зараженных клещей. В хорошо обжитых районах европейской части СССР в процесс распространения вируса может вовлекаться рогатый скот, а человек в этом случае заражается через молоко (В. И. Вотяков, В. М. Жданов, 1976).

Желтая лихорадка джунглей вызывается вирусом, циркулирующим среди обезьян и передающимся комарами, в том числе комаром Аэдес эгипти. Этот комар отлично приспособился к обитанию в населенных пунктах, в том числе в городах, что привело к возникновению городских очагов желтой лихорадки, где уже не обезьяны, а человек стал теплокровным хозяином вируса. Вместе с зараженными комарами болезнь была занесена во многие страны с жарким климатом, и лишь в нынешнем столетии большинство этих очагов было ликвидировано благодаря проведению строгих мер по истреблению комара и предотвращению ввоза его транспортными средствами.

Некоторые болезни, имеющие природные очаги, могут передаваться и без кровососущих членистоногих (В. М. Жданов, Д. К. Львов, 1982). К ним, в частности, относятся несколько форм тяжелейших геморрагических лихорадок — боливийская (вызываемая вирусом Мачупо, названным так по имени местности, где этот вирус был выделен), аргентинская (вирус Хунин), нигерийская (вирус Ласса), а также заболевания, вызванные двумя сходными вирусами Марбург и Эбола. Первый из них явился причиной тяжелых лабораторных заболеваний, закончившихся несколькими смертельными случаями, а второй — причиной столь же тяжелых эпидемий и заражений медицинского персонала в районах Центральной Африки. Природные резервуары этих вирусов мало изучены. Ими, по всей вероятности, являются дикие грызуны, обезьяны и другие животные, переносящие инфекцию в бессимптомной форме. Для человека же это тяжелые, часто смертельные заболевания.

Не следует, однако, думать, что все вирусы, циркулирующие в природных очагах, опасны для человека. Одни из них опасны только для сельскохозяйственных животных, а другие не представляют опасности ни для человека, ни для приручных им животных. Большинство вирусов было выделено от комаров, москитов, мокрецов, клещей и других кровососущих членистоногих. Некоторые из них вызывают у человека скоропроходящие лихорадочные заболевания, а заражение другими проходит бессимптомно, оставляя след в виде вирус-специфических антител.

Таким образом, по географическому признаку вирусы можно разделить на две большие, примерно равные группы: убиквитарные (повсеместные) и природно-очаговые (В. М. Жданов, 1964). Среди убиквитарных встречаются вирусы,

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. *Известный физиолог Пастер сделал недавно открытие, которое вряд ли имеет меньшее значение, чем обнаружение холерных бацилл д-ром Кохом. После длинного ряда неудачных опытов Пастеру, наконец, удалось найти средство предупреждать водобоязнь, являющуюся следствием укушения бешеной собаки, кошки или волка. Через газетные объявления Пастер приглашает в свою лабораторию лиц, желающих прибегнуть к его помощи, и обещает полное исцеление. Если это подтвердится, он получит полное право именоваться благодетелем рода человеческого. Пастер сделал подробный доклад о своем открытии французской Академии наук.*

«Нива»

ПАРИЖ. *Холера и нефть. В одной из газет напечатано следующее письмо: «Галиция обладает многочисленными источниками нефти. Наблюдения показали, что местности, изобилующие этим продуктом, никогда не посещались холерой, производившей по соседству с ними страшные опустошения. Крестьяне, хорошие наблюдатели, приписывают это нефтяным испарениям, убийственным для «холерного животного», и в доказательство ссылаются на то, что означенные испарения убивают и всех насекомых. Действительно, в этих местностях нет ни мух, ни тараканов, ни блох, ни клопов. Не следует ли поэтому произвести в больницах опыты над нефтяными испарениями? Прошу вас передать это сообщение специалистам и в особенности вашему знаменитому Пастеру».*

«Техник»

АНГЛИЯ. *Общепринятое мнение считает мух одним из маленьких бедствий нашей жизни. Но английский химик Эмерсон доказал, что мухи едят микроскопических животных, плавающих в воздухе и прицепляющихся к их крыльям, лапкам и туловищу. Как только накоплялось достаточное количество этой живой провизии, мухи удалялись в спокойное место и совершали свою трапезу. Экспериментатор повторил свои опыты во многих местах. В местах грязных или с испорченным воздухом он встречал мириады мух, буквально покрытых паразитами. Мухи же, пойманные в опрятных и хорошо проветриваемых помещениях, были, напротив, тощи и почти совершенно лишены паразитов.*

«Техник»

вызывающие тяжелые заболевания — полиомиелит, ротавирусную инфекцию кишечного тракта. Нет сомнений, что для борьбы с этими тяжелыми заболеваниями наилучшим средством являются вакцины. Победа над полиомиелитом — яркое свидетельство правильности этого пути. Несомненно, что в недалеком будущем будут получены вакцины для профилактики ротавирусной инфекции и, может быть, некоторых других инфекций этой группы. Но для борьбы с остальными инфекциями этой группы, число которых достигает или превышает две сотни, такой путь нереалистичен. Можно подумать о химиотерапии, что достаточно перспективно. Но не следует забывать: наиболее эффективные средства химиотерапии вирусных инфекций узкоспецифичны, например, уже упоминавшийся ремантадин активен в отношении вируса гриппа А и совершенно не активен в отношении вируса гриппа В (данные сотрудника нашего института Г. А. Галегова).

Поэтому надо искать иные пути борьбы с этой многочисленной группой вирусов, и такие пути подсказывает сама природа. При заражении клеток любым вирусом они вырабатывают особый белок — интерферон, который защищает соседние клетки и способствует выздоровлению от вирусной инфекции. Препараты интерферона, получаемые из лейкоцитов крови, оказались эффективными для лечения не только таких тяжелых вирусных инфекций, как гепатит В, но и для лечения злокачественных опухолей. По-видимому, интерферон, а также другие факторы неспецифической резистентности организма и являются причиной того, что многие люди, будучи заражены даже такими высоковирулентными вирусами, как вирус полиомиелита или вирус клещевого энцефалита, не заболевают, а переносят бессимптомную инфекцию, в результате которой организм вырабатывает стойкий иммунитет к данному вирусу (В. И. Вотяков, В. М. Жданов, 1976).

Мы пока научились получать интерферон или вызывать выработку его в организме человека и совсем мало знаем о других факторах, которые обеспечивают защиту организма от вирусных инфекций. И интерферон и другие защитные механизмы обозначают как неспецифические факторы защиты, потому что в отличие от иммунитета они действуют на все вирусы, правда, в неодинаковой степени. Если мы познаем природу этих факторов, то, в конце концов, научимся регулировать их действие таким образом, что любая вирусная инфекция в организме человека может быть подавлена в самом начале своего развития, когда вирус еще не нанес непоправимый или даже поправимый ущерб пораженным им клеткам и органам. Сказанное может показаться читателю пустой мечтой, но после открытия и начала применения интерферона это уже не мечта, так как интерферон оказался универсальным средством подавления любой вирусной инфекции. Вначале это было показано в лабораторных экспернментах, но уже сейчас интерферон и вещества, индуцирующие его синтез в клетках, находят все более и более широкое применение для терапии и профилактики вирусных заболеваний. Придет и то время, когда человек научится регулировать реакции организма, подавляя в нем развитие вирусов и вызываемых ими патологических процессов.

Высказанные соображения остаются справедливыми и для природно-очаговых вирусных инфекций, однако в борьбе с ними мы имеем и дополнительное средство — разрыв экологической цепи, обеспечивающей их распространение. В одних случаях это уничтожение переносчика инсектицидами, как было эффективно проведено и продолжает проводиться в отношении комаров — переносчиков желтой лихорадки. В других — агротехнические и иные мероприятия по освоению природы, которые приводят к разрыву экологической цепи, создавая неблагоприятные условия либо для теплокровного хозяина, либо для членистоногого переносчика. В третьих случаях — сочетание измененной экологии с химиотерапией или иммунизацией.

Ныне человек и вирус — враги, и возбудители вирусных инфекций подлежат либо истреблению, либо ограничению. Но уже сейчас многие вирусы используются человеком как важнейший инструмент для генно-инженерных манипуляций. В будущем, возможно довольно отдаленном, вирусы, ныне поражающие человека, перестанут быть для него опасными и будут поставлены на службу человеку гораздо шире, чем позволяет самая смелая фантазия, в том числе и тех специалистов, кто уже сейчас использует их в полезных для человека целях.

СТО ЛЕТ НАЗАД

НЬЮ-ЙОРК. *Амбулаторные кареты. Кареты снабжены носилками, на которые помещают раненых, и необходимыми принадлежностями для перевязки ран, равно как и местами для врача и кучера. Помещение для этих карет соединено телеграфными проволоками со всеми частями города. Коль скоро где-либо произошло несчастье, то стоит только в этой части города надавить на пуговицу устроенных здесь сигналов тревоги. Тогда в помещении амбулаторных карет раздается отчаянный звон соответствующего колокольчика; путем телеграфа призывается врач, и карета с быстротой молнии летит на место происшествия.*

«Нива»

Олег Ксенофонтович СКОБЕЛКИН (р. 1923) — хирург, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР, лауреат Государственной премии СССР.

В 1954 окончил Курский медицинский институт и до 1957 работал хирургом в Брянской областной больнице. В 1960 окончил аспирантуру по хирургии при 2-м Московском медицинском институте, после чего работал ассистентом и доцентом кафедры факультетской хирургии Калининского медицинского института.

С 1969 работает в Москве, возглавляет Центральную научно-исследовательскую лабораторию Министерства здравоохранения СССР. В 1960 защитил кандидатскую, в 1969 — докторскую диссертации.

Круг научных интересов О. К. Скобелкина чрезвычайно широк. Хорошо известны его работы по хирургии брюшной полости, щитовидной железы, перитонита, сосудистых, онкологических, гнойных и других заболеваний. Им разработаны оригинальные методы хирургического лечения заболеваний пищевода, желудка и кишечника, в частности методы пластических операций.

О. К. Скобелкин — основоположник советской лазерной хирургии. Под его научным руководством выполнены фундаментальные научные исследования по применению лазера в различных областях хирургии, начала функционировать первая в СССР лаборатория лазерной хирургии, создана универсальная лазерная хирургическая установка «Скальпель-1» и серия лазерных хирургических инструментов. За работу в этой области О. К. Скобелкин удостоен звания лауреата Государственной премии СССР (1981).

О. К. Скобелкин активно занимается педагогической работой — только в области лазерной хирургии им подготовлено свыше 150 учеников, внедряющих новые методы во многих городах Советского Союза.

О. К. Скобелкин — автор более 260 печатных работ, в том числе четырех монографий, по актуальным проблемам современной хирургии.

Евгений Иванович БРЕХОВ (р. 1940) — хирург, доктор медицинских наук, руководитель лаборатории лазерной хирургии Центральной научно-исследовательской лаборатории Министерства здравоохранения СССР.

Окончил Калининский медицинский институт (1964). В 1969 защитил кандидатскую, в 1978 — докторскую диссертации.

Е. И. Брехов — один из создателей советской лазерной медицинской техники и современных принципов использования лазеров в хирургии. Им разработаны принципы построения современных лазерных хирургических аппаратов и инструментов, а также методики их применения в различных областях хирургии.

Е. И. Брехов — лауреат Государственной премии СССР (1981) за серию работ по использованию лазеров в абдоминальной, гнойной и пластической хирургии, автор более 150 научных публикаций.

Валентин Ильич КОРЕПАНОВ (р. 1936) — хирург, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории лазерной хирургии Центральной научно-исследовательской лаборатории Министерства здравоохранения СССР.

Окончил Казанский медицинский институт (1960) и работал хирургом в г. Перми. В 1966 окончил аспирантуру по хирургии при Кировском научно-исследовательском институте переливания крови. В 1967 защитил кандидатскую, в 1974 — докторскую диссертации. В 1966—1975 работал хирургом Кировской областной клинической больницы, младшим, а затем старшим научным сотрудником хирургической клиники Кировского НИИ переливания крови. С 1975 работает в Москве. Основные научные интересы: лазерная хирургия, абдоминальная хирургия, проблема перитонита, резекционная хирургия печени, хирургическая гематология. Автор более 70 научных публикаций.

Олег Ксенофонтович СКОБЕЛКИН,
Евгений Иванович БРЕХОВ,
Валентин Ильич КОРЕПАНОВ

Лазеры в хирургии

Издавна хирурги мечтали об «идеальном» скальпеле, производящем бескровный разрез. Их мечта осуществилась около 20 лет назад, когда режущим инструментом стал луч лазера. Теперь уже трудно назвать область хирургии, где бы не применялся лазерный луч с большим успехом.

Теоретические основы лазерной техники разработали в 50-х годах советские ученые Н. Г. Басов и А. М. Прохоров и американец Ч. Таунс (С. Townes). Первый пригодный для биологических исследований лазер сконструировал Т. Майман (Т. Maiman) в США в 1960 году. Рабочим телом в этом аппарате был кристалл синтетического рубина. Потом в СССР, США и других технически развитых странах были созданы лазерные установки на неодимовом стекле, аргоне, на смеси газов гелия и неона, на полупроводниках и т. д.

Излучение лазеров обладает целым рядом особых свойств, которые оказались незаменимыми при использовании их в биологии и медицине. Эти свойства:

монохроматичность, т. е. излучение в чрезвычайно узкой области светового диапазона. Например, длина волны луча рубинового лазера составляет 0,694 мкм — крайне малую часть красной полосы спектра;

высокая степень направленности. Так, в различных лазерах расходимость пучка составляет всего несколько угловых секунд;

значительная энергоемкость. В хирургических лазерных системах легко достигается мощность в сотни ватт при работе в непрерывном и до десятков киловатт — в импульсном режиме.

Эти свойства позволяют манипулировать лучом лазера с высокой точностью, оказывая воздействие на группы клеток, отдельные клетки, внутриклеточные структуры, например ядро, и даже на генный аппарат. Взаимодействие луча достаточной мощности с биологической тканью приводит к рассечению ткани, остановке кровотечения и уничтожению микробной флоры. Луч лазера разрушает биологические клетки, в том числе злокачественные, почти не повреждая расположенные рядом структуры.

Применение лазера в клинике началось с 1962 года, когда Л. Гольдман (L. Goldman, США) с успехом использовал рубиновый лазер для лечения злокачественных опухолей мягких тканей. В развитие лазерной онкологии значительный вклад внесли советские ученые Н. Ф. Гамалея, Б. М. Хромов, С. Д. Плетнев и другие. В лечении опухолей мягких тканей, как злокачественных, так и доброкачественных, нашли широкое применение лазеры на рубине, аргоне, неодимовом стекле, алюмо-иттриевом гранате. Луч этих лазеров обладает выраженным разрушающим действием на опухолевые клетки, особенно пигментированные, например, на клетки меланомы и пигментированные ткани сосудистых опухолей — гемангиом. Одновременно с деструкцией опухолевой ткани достигается хороший гемостатический эффект (гемостаз — остановка кровотечения).

Однако эпоха «истинной» лазерной хирургии началась после изобретения Ч. Пателем (С. К. N. Patel, США) в 1964 году лазера на углекислом газе, способного работать в непрерывном режиме. Луч этого лазера обладает отличными режущими и гемостатическими свойствами, за что он получил во всех странах название «лазерный скальпель». Ученые Л. Гольдман (США), Б. М. Хромов, С. Д. Плетнев (Советский Союз), И. Каплан (I. Kaplan, Израиль) стали широко использовать CO_2-лазер как для деструкции и испарения клеток злокачественных опухолей, так и для радикального хирургического иссечения опухолей мягких тканей. Очень скоро «лазерный скальпель» нашел применение в кардиохирургии (А. Д. Арапов), кожно-пластической хирургии и при заболеваниях желчных путей (А. А. Вишневский), для лечения ожогов и во многих других областях хирургии.

Что же определило столь быстрое и прогрессирующее развитие лазерной хирургии?

Современная хирургия вооружена новейшими достижениями научно-технической мысли.

Рис. 1. Лазерная хирургическая установка «Скальпель-1»

В распоряжении хирурга наряду с такими традиционными инструментами, как скальпель, ножницы, зажимы, шприцы, иглы и др., имеется электронная аппаратура, всевозможные приборы, следящие за жизнедеятельностью больного, автоматические устройства для выполнения микрохирургических вмешательств, сложные специализированные инструменты. Однако основными для хирурга по-прежнему остаются скальпель и ножницы, т. е. режущие инструменты. К сожалению, они обладают определенными недостатками, и самый существенный — раны, нанесенные ими, кровоточат и требуют специальных мер для остановки кровотечения. Кроме того, режущие инструменты при контакте с тканями могут распространять патогенную микрофлору вдоль линии разреза. Издавна хирурги мечтали иметь в своем распоряжении режущий инструмент, который производил бы бескровный разрез, одновременно уничтожающий микрофлору в операционной ране. Вмешательство на стерильном и «сухом» операционном поле — идеал для хирурга любой специальности.

В начале XX века был изобретен электронож, предназначенный для бескровного рассечения биологических тканей с одновременной стерилизацией области разреза. Однако по мере накопления клинического опыта выявились отрицательные стороны электрохирургии. Это слишком большая зона некроза тканей в месте приложения электрического тока и, как следствие, плохое заживление операционных ран, а также включение тела пациента в электрическую цепь.

Поиск продолжался. В 1960 году был сконструирован плазменный скальпель, принцип работы которого основан на режущем и коагулирующем эффекте потока раскаленных высокоионизированных газов. Однако применение этого аппарата, по-видимому, еще не вышло за рамки эксперимента.

И вот наконец лазерный скальпель. Луч углекислотного лазера, имеющий длину волны 10,6 мкм, или 10 600 Å, располагается в инфракрасной части спектра, т. е. практически невидим. В месте контакта лазерного луча и биологической ткани в зависимости от плотности энергии и длительности воздействия температура может достигать нескольких сот градусов. Сфокусированный луч CO_2-лазера (его мощность 15—20 Вт) при диаметре светового пятна не более 2 мм обладает поверхностной плотностью мощности около 2,5 кВт/см². Такая концентрация энергии вызывает мгновенное вскипание и испарение жидкости, содержащейся в клетках и межклеточных пространствах. Органическая часть биологических тканей сгорает, неорганическая — обугливается. Иными словами, сфокусированный луч углекислотного лазера обладает качествами, необходимыми для разъединения (рассечения) биологической ткани. Если же на биологическую ткань направить расфокусированный луч с пятном в пределах 5—10 мм, то поверхностная плот-

Рис. 2. Эта же установка в операционной

Рис. 3. Лазерная хирургическая установка «Ромашка»

ность мощности составит около 25 Вт/см². В этом случае эффект испарения и сгорания тканей выражен в меньшей степени, но превалируют процессы денатурации и коагуляции белков.

Итак, перечислим еще раз особенности лазерного луча, сделавшие его «идеальным» скальпелем. Во-первых, в отличие от режущих инструментов лазер является бесконтактным хирургическим средством, т. е. воздействует на ткани без прикосновения к ним механических частей инструмента, исключая тем самым опасность распространения инфекции в зоне своего действия. Во-вторых, лазерный луч обладает выраженным гемостатическим действием, вызывая коагуляцию крови в пересекаемых кровеносных сосудах. В-третьих, луч стерилизует операционную рану. Это особенно важно при хирургических вмешательствах по поводу различных гнойных заболеваний.

В СССР серийно выпускаются две лазерные хирургические установки на углекислом газе: «Скальпель-1» (рис. 1 и 2) и «Ромашка» (рис. 3). Первая имеет мощность на выходе луча из рукоятки световода не менее 20 Вт, вторая — не менее 80 Вт. Диаметр пятна лазерного излучения от 1 до 20 мм. По световоду, состоящему из нескольких зеркал, луч лазера через рукоятку подводится к операционному полю. Шарнирные соединения световода позволяют легко перемещать рукоятку в трех измерениях.

Сейчас лазер применяется в четырех основных направлениях биологии и медицины: лазерная диагностика, лазерная микрохирургия для целей биологии, лазерная клиническая терапия и лазерная клиническая хирургия.

Настоящая статья посвящена тем областям хирургии, которые по количеству оперативных вмешательств занимают доминирующее положение. Это абдоминальная хирургия (хирургия органов брюшной полости), пластическая хирургия и хирургия гнойных заболеваний. В этих областях советская лазерная хирургия занимает передовые позиции в мировой клинической практике.

Абдоминальная хирургия

Абдоминальная хирургия включает в себя три основные группы операций: на полых органах желудочно-кишечной трубки (пищевод, желудок, кишечник), на органах желчевыводящей системы (желчный пузырь, внепеченочные желчные протоки, Фатеров сосок) и на паренхиматозных органах (печень, поджелудочная железа, селезенка).

Наиболее распространенные и сложные в техническом отношении — это операции на пищеводе, желудке и кишечнике. Они проводятся в два этапа: удаление пораженного заболеванием органа или его части и восстановление непрерывности желудочно-кишечной трубки. Например,

после удаления (резекции) пищевода или его части дефект замещается искусственно созданным из желудка или кишки пищеводом. Вновь созданный пищевод соединяют с органами желудочно-кишечной трубки с помощью соустий (анастомозов).

Сама резекция полого органа не представляет особых технических трудностей. Создание же соустья — ключевой этап, от которого зависит исход всей операции и дальнейшее состояние пациента.

Анастомозирование производят с помощью швов хирургическими иглами и специальными нитями. Чем прочнее соединение, тем меньше опасность, как говорят, его несостоятельности, т. е. расхождения швов с вытекающими из этого серьезными, нередко фатальными последствиями. Вместе с тем чем нежнее линия наложения швов, тем лучше функциональный результат операции. Дело в том, что стенки полых органов обильно насыщены сосудами. При пересечении пищевода, кишки и особенно желудка возникает кровотечение, резко ухудшающее видимость в момент наложения швов. Известные методы гемостаза ран полых органов очень несовершенны. Например, перевязка отдельных сосудов нитями не приводит, как правило, к остановке крови, деформирует, делает грубым анастомоз, а присутствие нитей долго поддерживает воспаление. Пересечение стенки органа электроножом или остановка кровотечения электрокоагуляцией оставляет широкую, до 5 мм, зону ожога и некроза тканей, что резко ухудшает заживление анастомоза и нередко сопровождается расхождением швов. В настоящее время большинство хирургов решают проблему наложением двух рядов швов. Первый, сквозной, играет роль гемостатического, второй — герметизирующего. Однако два ряда швов деформируют анастомоз еще больше, вызывая обширный некроз тканей и воспалительную реакцию.

Мысль применить луч лазера для рассечения стенок полых органов возникла у хирургов в первые же годы после создания лазерной медицинской техники. Однако оказалось, что для эффективного пересечения стенки кишки или пищевода, а тем более желудка требовалась мощность CO_2-лазера не менее 100 Вт. При этом вдоль линии разреза образовывалась зона некроза тканей шириной 0,5—1 мм, что не давало лазеру существенных преимуществ перед электроножом или плазменным скальпелем. По этой причине зарубежные хирурги отказались в то время от широкого внедрения лазера в хирургию полых органов желудочно-кишечного тракта. Ситуация изменилась после того, как в 1974 году О. К. Скобелкиным и Е. И. Брехóвым был предложен принципиально новый подход к выполнению подобных операций. Авторы установили, что если перед непосредственным применением лазера

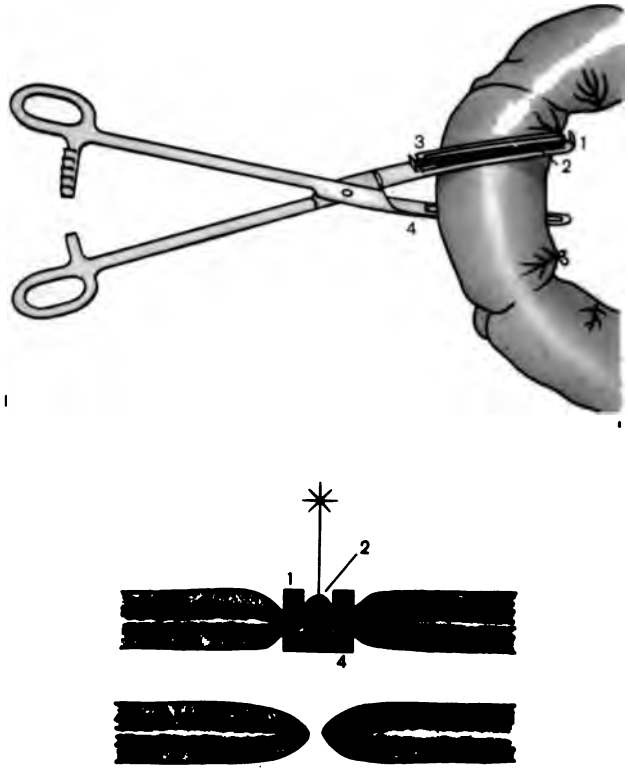


Рис. 4. Принцип работы лазерных хирургических инструментов. Обозначения: *1* — верхняя браншa инструмента; *2* — прорезь в верхней браншe; *3* — паз для манипулятора лазерной установки; *4* — нижняя браншa инструмента

провести так называемую дозированную компрессию стенки полого органа, то рассечение его лучом лазера происходит быстро и бескровно. Для проведения компрессии, т. е. временной локальной остановки кровообращения, был разработан специальный инструмент из двух пластин (браншей).

Нижняя предохраняет лежащие под ней ткани от случайного повреждения лучом лазера. Верхняя имеет продольную прорезь шириной 2 мм, в которую и направляют луч лазера. Инструмент накладывают на полый орган таким образом, чтобы бранши, сдавливая ткани, прекратили кровоток, но не вызывали механического повреждения (рис. 4 и 5).

Несколько сот экспериментов на животных выявили ряд положительных качеств лазерной хирургии. Во-первых, разрез, сделанный лучом лазера, не кровоточит после удаления зажима. Во-вторых, зона некроза вдоль линии разреза не превышает 0,1 мм и не представляет опасности для прочности анастомоза. В-третьих, все слои стенки полого органа оказываются сваренными между собой. Это вновь открытое качество лазерного луча получило название «эффект биологической спайки». Оно оказалось весьма полезным: фиксация слизистой оболочки на других слоях

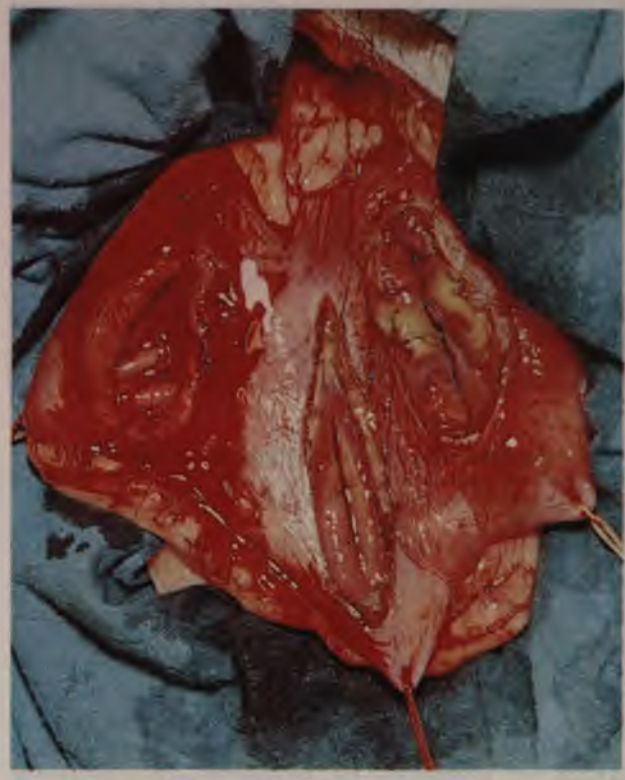


Рис. 5. Лазерные хирургические зажимы
Рис. 6. Разрезы стенки желудка, выполненные (слева направо) скальпелем, лазером по специальному зажиму, электроножом в эксперименте (на животном)

стенки органа удерживает ее от выпадения в рану и не мешает хирургу накладывать анастомоз. В-четвертых, линия рассечения является стерильной, что значительно уменьшает вероятность воспалительных изменений в области анастомоза. Но самое главное состоит в том, что хирурги наконец получили возможность оперировать в условиях «сухого операционного поля» (рис. 6, 10). Иными словами, применение лазера позволило уверенно перейти к наложению однорядного кишечного шва без опасности кровотечений, несостоятельности швов и анастомозитов.

В клинических условиях лазер в комбинации с соответствующими инструментами был впервые в мире применен для резекции желудка (хирурги О. К. Скобелкин и Е. И. Брехов) в 1975 году (рис. 7 и 9).

Советские ученые разработали разнообразные механические сшивающие устройства для операций на органах желудочно-кишечного тракта. Эти аппараты ускоряют выполнение операций, а механический шов прочнее, чем ручной. Были созданы новые аппараты специально для лазерных операций и модифицированы уже известные (рис. 7 и 8).

Хирургическая клиника, где работают авторы настоящей статьи, накопила опыт лечения более 700 больных, в том числе около 20 человек с патологией пищевода, более 400 — желудка и почти 300 — кишечника.

Благодаря применению описанных методик снизилась летальность и в несколько раз уменьшилось число осложнений. Отдаленные результаты лазерных хирургических вмешательств лучше, чем традиционных методов.

Эти же принципы использовались для разработки операций на других органах брюшной полости. Например, при отделении желчного пузыря от печени (холецистэктомии) лазер позволяет выполнить вмешательство без кровотечения. Если желчный пузырь необходимо удалить режущим инструментом, то вместо ушивания ложа желчного пузыря, что иногда приводит к абсцессам и явлениям местного травматического гепатита, для коагуляции сосудов и желчных протоков применяют расфокусированный луч лазера. После холецистэктомии лазером никогда не наблюдается кровотечений, истечения желчи и нагноений в брюшной полости.

Удаление камней из печеночного или желчного протоков (холедохотомия) практически всегда сопровождается кровотечением в рану, что затрудняет работу хирурга. Применение лазерного луча в комбинации со специальным инструментом, конструктивно основанным также на принципе дозированной компрессии тканей, позволяет выполнить холедохотомию бескровно.

В хирургии желчных путей нередко приходится прибегать к наложению внутренних желче-

Рис. 7. Лазерные хирургические сшивающие аппараты:
1 **— прямой универсальный;**
2 **— модифицированный НЖКА-60**

отводящих анастомозов. Меньшие по размерам, они выполняются с применением микрохирургической техники. Использование лазерного луча в сочетании с лазерным инструментом позволяет накладывать однорядный шов, который не сужает анастомоз, что нередко наблюдается при традиционных методах оперирования.

Наиболее сложные в хирургии желчных путей — операции на большом дуоденальном (Фатеровом) соске, который находится на внутренней стороне двенадцатиперстной кишки и в который открываются устья желчного протока и протока поджелудочной железы. Относящиеся к числу микрохирургических, они выполняются в условиях кровоточивости тканей и нередко сопровождаются фатальными осложнениями — кровотечениями, несостоятельностью швов или некрозом поджелудочной железы (панкреонекрозом). Специально созданный для этих операций лазерный инструмент позволяет выполнять их в условиях «сухого операционного поля». Способность лазера останавливать кровотечение и сваривать между собой биологические ткани дало возможность отказаться от наложения гемостатических и укрепляющих швов, которые обычно служат причиной панкреонекроза.

С помощью луча лазера, в том числе в комбинации со специальными хирургическими инструментами, у нас в клинике выполнено более 60 операций на органах желчевыводящей системы, при этом значительно снижено число осложнений.

Исторически сложилось так, что первыми органами, на которых изучались режущие и гемостатические свойства лазера, были паренхиматозные: печень, поджелудочная железа и селезенка. Эти органы всегда были камнем преткновения для хирургов. Основанные на применении ручного или механического шва традиционные методы остановки кровотечения, истечения желчи из печени и панкреатического сока из поджелудочной железы недостаточно эффективны.

Тщательные экспериментальные исследования показали, что луч лазера позволяет рассекать ткань паренхиматозных органов с резким уменьшением кровоточивости. Он надежно «запаивает» не только сосуды, но и протоки поджелудочной железы, сок которых обладает чрезвычайно высокой лизирующей (разъедающей) активностью по отношению к тканям.

При резекции печени поверхность среза обрабатывается расфокусированным лучом углекислотного лазера. Этим достигается полный гемостаз и «запаивание» желчных протоков, истечение желчи из которых в послеоперационном периоде при обычных методах резекции печени нередко приводит к возникновению абсцессов брюшной полости.

Кожно-пластическая хирургия

Пересадка кожи применяется довольно широко для закрытия кожных дефектов, возникающих вследствие травмы, ожога или удаления больших опухолей. Наиболее распространена аутодермопластика, т. е. пересадка собственной кожи пациента, поскольку приживляемость трансплантата от другого человека или животного очень низка.

В пластической хирургии два ключевых момента — это подготовка ложа для пересадки

Рис. 8. Момент рассечения стенки толстой кишки лазером

трансплантата и взятие аутотрансплантата. От того, насколько своевременно и правильно выполняются оба эти этапа, зависит конечный исход, т. е. полное приживление трансплантата.

Луч лазера и здесь оказался незаменимым. С его помощью производят бескровное и асептичное иссечение больших опухолей кожи, как доброкачественных, так и злокачественных. Для закрытия образовавшегося дефекта берут трансплантат, т. е. таких же размеров участок кожи, обычно с живота или бедра больного. И в этих случаях применение лазера позволяет выполнять процедуру также асептично и бескровно. Однако, как было известно, зона ожога тканей после применения лазера в этих случаях достигает 0,2—0,3 мм, что сопровождается усиленным выделением тканевой жидкости по всей раневой поверхности и, как следствие, ухудшением процессов заживления. Ситуация изменилась после открытия О. К. Скобелкиным и сотрудниками в 1976 г. феномена «фотогидравлической препаровки биологических тканей». Как известно, основная часть энергии луча CO_2-лазера поглощается водой. При введении с помощью иглы и шприца стерильной воды или стерильных слабоконцентрированных растворов хлорида натрия (0,9%) или новокаина (0,25%) в подкожно-жировую клетчатку жидкость распространяется в ней строго параллельно поверхности кожи. Введение (депонирование) жидкости производят на нужной глубине в зависимости от того, какой толщины трансплантат необходимо получить. При обработке лазером этой области жидкость вскипает и испаряется, при этом происходит рассечение или расслоение тканей строго в слое депонированной жидкости. В условиях инфильтрованных водным раствором тканей процесс сопровождается минимальной зоной ожога (до 0,045 мм) и не влияет отрицательно на ход заживления.

Рис. 9. Выполнение резекции желудка с помощью лазера и сшивающего аппарата

Если у пациента обширное травматическое или ожоговое повреждение кожных покровов, то с помощью лазера производят удаление нежизнеспособных тканей сфокусированным лучом (некрэктомия), а уничтожение микробов и гемостаз — расфокусированным. Кровопотеря сокращается в несколько раз, значительно уменьшается интоксикация организма и улучшаются условия для приживления кожного аутотрансплантата. Например, из 83 больных, которым по тем или иным показаниям была произведена аутодермопластика с использованием эффекта «фотогидравлической препаровки биологических тканей», полное (100%) по площади приживление трансплантата достигнуто у 76 (92%) (рис. 11—13).

Рис. 10. Вид стенки толстой кишки после рассечения лазером. Сухое операционное поле

Хирургия гнойных ран

Использование лазера в борьбе с гнойными заболеваниями показало два очевидных преимущества этого метода: сокращение сроков лечения и его значительное удешевление. Способность лазера уничтожать микрофлору в гнойной ране одновременно с гемостазом в большой мере избавляет от необходимости применять дорогие и не всегда доступные медикаменты: антибиотики, ферментативные препараты, антисептики, сложные мазевые композиции.

Радикальное иссечение относительно неболь-

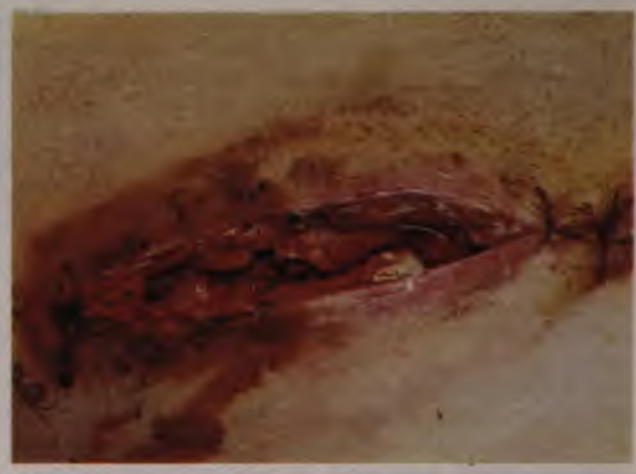


Рис. 11. Обширная трофическая язва голени

Рис. 12. Лоскут кожи, выкроенный с помощью лазера, пересажен на язвенную поверхность

Рис. 13. Полное приживление пересаженного кожного лоскута через месяц после пластики

ших гнойных очагов: карбункулов, абсцессов и др. чаще всего производят сфокусированным лучом лазера. Для быстроты и уменьшения зоны некроза здесь также используется эффект «фотогидравлической препаровки биологических тканей». Операция заканчивается наложением швов, и рана заживает так называемым первичным натяжением. По сравнению с традиционными методиками вскрытия гнойной полости здесь сроки лечения сокращаются в несколько раз, а косметический эффект несравнимо лучше.

Для лечения гнойных ран, в том числе и операционных, их поверхность обрабатывают расфокусированным лучом лазера, при этом происходит испарение нежизнеспособных тканей и уничтожение микробной флоры. Это вмешательство также заканчивается наложением швов, заживление раны происходит первичным натяжением, что значительно сокращает сроки лечения и улучшает косметический результат (рис. 14—16). В большинстве случаев больным, для лечения которых

применялся лазер, не требуется назначать медикаментозные средства.

Лазеры в кардиологии

В последнее время были сделаны попытки использовать лазер для лечения ишемической болезни сердца.

Хирургическое лечение ишемической болезни успешно развивается последние 20 лет. В нашей стране и за рубежом широко распространены оперативные вмешательства на коронарных артериях, позволившие сохранить жизнь многим тысячам больных. Однако существующие хирургические способы лечения не всегда применимы, особенно для больных с выраженным атеросклеротическим поражением коронарных артерий. Поэтому разработка методов, улучшающих кровоснабжение ишемизированных зон сердца, заслуживает особенного внимания.

Естественно, возник вопрос: нельзя ли использовать для этого импульсный углекислотный лазер? В 1982 г. начато соответствующее исследование. Работа проводится Центральной научно-исследовательской лабораторией Министерства здравоохранения СССР (кандидат медицинских наук С. Р. Здрадовский с сотрудниками) совместно с Физическим институтом имени П. Н. Лебедева (профессор Р. В. Амбарцумян с сотрудниками).

Задача заключается в том, чтобы создать в сердечной мышце (миокарде) искусственные микронные каналы для питания миокарда из полости левого желудочка. На возможность такого механизма питания указывает строение сердца рептилий, у которых практически полностью отсутствуют коронарные артерии.

Предварительные результаты экспериментальных исследований на животных дали весьма обнадеживающие результаты. Сформированные после лазерного воздействия каналы не только функционировали, но и препятствовали возникновению инфаркта миокарда при перевязке коронарной артерии, питающей этот участок сердечной мышцы. Без таких каналов подобная операция обычно приводит к инфаркту.

Проведенные эксперименты позволили предположить еще одну возможность использования импульсного лазера. Дело в том, что различного рода сердечные аритмии возникают как следствие образования аномальных патологических проводящих путей. Импульсный лазерный луч, по-видимому, может быть использован для прерывания таких аномальных путей и восстановления сердечного ритма. Исследования в этой области продолжаются.

Полученные результаты открывают новые пути для лечения ишемической болезни сердца и аномалий развития проводящих путей.

□

Сегодня углекислотный лазер поистине вездесущ в хирургии. Офтальмологи с его помощью выполняют сложные микрохирургические вмешательства. Нейрохирурги удаляют опухоли головного мозга и реконструируют периферические нервы. Хирурги-пульмонологи резецируют трахею, бронхи, части легких. Хирурги-гематологи начинают применять лазер для проведения хирургических операций у больных, страдающих нарушениями свертывающей системы крови, например у больных гемофилией. Урологи удаляют опухоли мочевого пузыря, бескровно оперируют на почке и предстательной железе. Гинекологи с отличными результатами оперируют больных при различных заболеваниях органов женской половой сферы.

Внимание ученых сейчас все больше привлекают перспективы использования лазерного излучения через эндоскопические приборы. Успешно применяются лазеры для эндоскопического лечения различных заболеваний пищевода, гортани, трахеи, бронхов, желудка, уретры, прямой кишки. Начаты попытки лечения некоторых заболеваний органов брюшной полости через лапароскоп — прибор, позволяющий осмотреть брюшную полость без чревосечения, сквозь небольшое пункционное отверстие в передней брюшной стенке. Во многих странах, в том числе и в СССР, накоплен значительный опыт остановки острых желудочно-кишечных кровотечений лазером через гастрофиброскоп — лазерная фотокоагуляция.

Таким образом, лазерная хирургия стала реальностью и убедительно демонстрирует преимущества разумной «технизации» медицины. Первый международный симпозиум по лазерной хирургии, который состоялся в 1975 г., собрал немногим более 50 участников. На последнем международном форуме специалистов по лазерной хирургии (4-й конгресс Международного общества лазерных хирургов, Токио, 1981 г.) присутствовало уже свыше 1200 делегатов из всех развитых стран мира. Если на первом симпозиуме фигурировали в основном одно- или двузначные цифры клинических наблюдений, то в Токио представители некоторых клиник сообщили уже о сотнях и тысячах выполненных с лазером операций. Сфера использования лазеров непрерывно расширяется, и можно уверенно говорить о стремительном и триумфальном развитии лазерной хирургии.

Рис. 14. Вид гнойной раны после удаления деструктивно измененного червеобразного отростка

Рис. 15. Некротические ткани гнойной раны испарены лазерным лучом. Видны свежие грануляции. В дальнейшем на рану наложены вторичные швы

Рис. 16. Вид раны после снятия швов (8-е сутки). Заживление по типу первичного натяжения

Роберт БРЕЙДВУД (Braidwood) (р. 1907) — заслуженный профессор Института восточных исследований и кафедры антропологии Университета г. Чикаго; содиректор совместных раскопок Чейеню в Турции. В 1933 окончил Мичиганский университет, в 1942 защитил диссертацию в Чикагском университете. Первые раскопки провел в Ираке (1933) в составе экспедиции Мичиганского университета, а также в Сирии (1933—1938) в составе экспедиции Чикагского университета. Был руководителем раскопок, проводимых Институтом восточных исследований в Ираке (1947—1948, 1950—1951, 1954—1955) и Иране (1959—1960). С 1963 совместно с Х. Чембел руководит раскопками в Турции. Автор работы «Раскопки на равнине Антиохия, I» (в соавторстве с Линдой Брейдвуд) — итоговой монографии по Джармо и других работ.

Халет ЧЕМБЕЛ (Çambel) (р. 1915) — профессор и руководитель археологической секции Стамбульского университета, содиректор совместных работ на Чейеню. Окончила Роберт колледж, Сорбонну и Стамбульский университет. В начале 40-х годов Х. Чембел начала полевые работы на Арслан-тепе и Кара-тепе. В начале 60-х годов была приглашенным профессором в Саарбрюккене. Принимала активное участие в создании программы турецкого правительства по спасению археологических памятников в зоне строительства плотины на Евфрате. Главный редактор и автор «Совместных исследований университетов Стамбула и Чикаго в Юго-Восточной Анатолии, I».

Роберт БРЕЙДВУД,
Халет ЧЕМБЕЛ

У истоков производящего общества в Юго-Восточной Анатолии

Новые исследования удревнили историю человеческого рода. Кости ископаемых гоминид, недавно найденные в Африке, датируются временем более 4 млн. лет. Человек современного вида, как мы знаем, появился, по крайней мере, 50 тыс. лет назад. Однако до времени около 10 тыс. лет средства существования человека целиком основывались на охоте и собирательстве.

Ледниковый период окончился около 12 тыс. лет назад. Уровень моря опять начал подниматься, и климат приблизился к современному. В связи с этим изменилась окружающая природная среда и человек стал заселять новые районы. Новые природные условия, несомненно, способствовали возникновению дикой растительной и животной пищи, которая до этого была незнакома человеку.

В нескольких районах мира природная среда постплейстоцена включала растения и животных, которые могли быть окультурены и одомашнены. И мы можем предположить, что человек в некоторых из этих регионов начал манипулировать такими формами растений и животных, совершенно не сознавая, к каким возможным результатам это может привести. В нескольких местах Старого Света и, по крайней мере, в двух — Нового Света такие неосознанные эксперименты в направлении доместикации (одомашнивания) положили начало производству пищи около 7500 лет до н. э. О большой исторической важности перехода к земледелию и скотоводству как к основным способам получения продуктов питания еще в 1885 г. французский археолог Г. де Мортилье (Mortillet) написал, что «доместикация в истории цивилизации является фактом огромного значения, одним из важнейших открытий...». В начале 30-х годов XX в. выдающийся английский археолог Г. Чайлд (Child) дал глубоко научную оценку этому процессу, названному им «неолитической революцией», или «революцией производства пищи». Он сконцентрировал свое внимание на примере Ближнего Востока, где быстро складывалось производящее хозяйство, когда произошло успешное одомашнивание овцы, козы, свиньи, окультуривание пшеницы и ячменя. Как революционный шаг в культурном развитии он рассматривал также быстрое возникновение городов и письменности в Месопотамии и Египте.

После второй мировой войны на Ближнем Востоке были предприняты специальные археологические исследования для того, чтобы найти признаки зарождения эффективного производства пищи. В 1947—1948 гг. экспедиция чикагского Института восточных исследований начала раскопки остатков раннеземледельческого поселения Джармо в одной из горных долин иракского Загроса, около 60 км северо-восточнее современного Киркука.

В начале 60-х годов датская, канадская и другая американская археологические экспедиции объединились в этих исследованиях вдоль гористых отрогов Загроса как в Ираке, так и в Иране, а в настоящее время английские и русские коллеги предприняли раскопки столь же важных раннеземледельческих поселений западнее реки Тигра, в Северном Ираке. В долине Евфрата, и в особенности в Леванте*, британские, французские, израильские и американские археологи исследовали даже большее количество раннеземледельческих памятников. В Леванте были обнаружены великолепные еще более древние памятники, которые характеризуют самые истоки земледелия и скотоводства, т. е. относятся к эпохе, предшествовавшей собственно началу эффективного производства пищи.

До работ по совместному проекту Стамбульского и Чикагского университетов, который был основан в 1962 г. и осуществляется нами, исследований вдоль южных предгорий Тавра в Юго-

* *Левант* (от франц. Levant или итал. Levante — Восток) — общее название стран, прилегающих к восточной части Средиземного моря (Сирия, Ливан, Египет, Турция, Греция, Кипр, Израиль), в узком смысле — Сирии и Ливана. — *Ред.*

Рис. 11. Обширная трофическая язва голени

Рис. 12. Лоскут кожи, выкроенный с помощью лазера, пересажен на язвенную поверхность

Рис. 13. Полное приживление пересаженного кожного лоскута через месяц после пластики

ших гнойных очагов: карбункулов, абсцессов и др. чаще всего производят сфокусированным лучом лазера. Для быстроты и уменьшения зоны некроза здесь также используется эффект «фотогидравлической препаровки биологических тканей». Операция заканчивается наложением швов, и рана заживает так называемым первичным натяжением. По сравнению с традиционными методиками вскрытия гнойной полости здесь сроки лечения сокращаются в несколько раз, а косметический эффект несравнимо лучше.

Для лечения гнойных ран, в том числе и операционных, их поверхность обрабатывают расфокусированным лучом лазера, при этом происходит испарение нежизнеспособных тканей и уничтожение микробной флоры. Это вмешательство также заканчивается наложением швов, заживление раны происходит первичным натяжением, что значительно сокращает сроки лечения и улучшает косметический результат (рис. 14—16). В большинстве случаев больным, для лечения которых

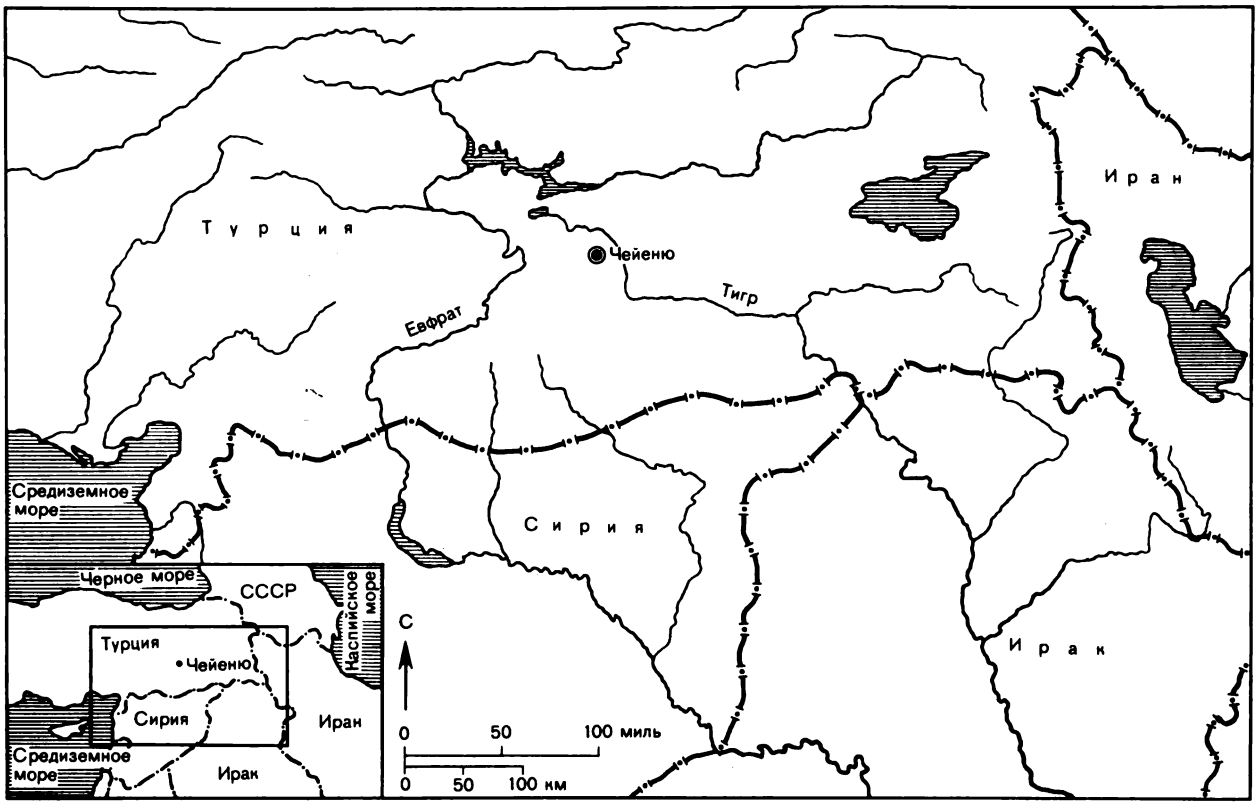
Чейеню; вид с северо-востока. Центральная площадь раскопок на переднем плане, западная площадь на заднем плане; конец работ 1981 г.

Аэрофотоснимок западной площади раскопок, вид с северо-запада в конце работ 1981 г. Большинство видимых остатков домов принадлежит к типу ячеистых планов

Аэрофотоснимок центральной площади, вид с запада. Снимок сделан в конце работ 1978 г. Остатки различных построек, раскопанных в предшествующие годы (слева вверху). Второй план решетчатого типа вскрыт около большого строения (в центре). Справа — остатки постройки с полом из каменных плит

Остатки постройки, имеющей план ячеистого типа на западной площади, вид с севера; конец работ 1978 г.

Остатки построек, имеющих планы ячеистого типа с явными признаками разрушения огнем; вид с севера; конец работ 1970 г.



Карта Юго-Восточной Турции, показывающая местоположение Чейеню
Чейеню, река и известковая гряда южнее холма; вид с северо-востока
Чейеню, вид со стороны известковой гряды на юг. На заднем плане равнина Эргани и предгорья Тавра к северу

Восточной Турции не проводилось. Это обширная территория у истоков верхнего Тигра и Евфрата, большой район в центре предгорий, полумесяцем опоясавших плодородную равнину и получивших название плодородного полумесяца.

Мы начали наши полевые работы в Юго-Восточной Турции в 1963 г. с разведок в вилайетах* Сиирт, Диярбакыр и Урфа. Среди 127 обследованных нами памятников на Чейеню был обнаружен наиболее интересный для наших исследований материал.

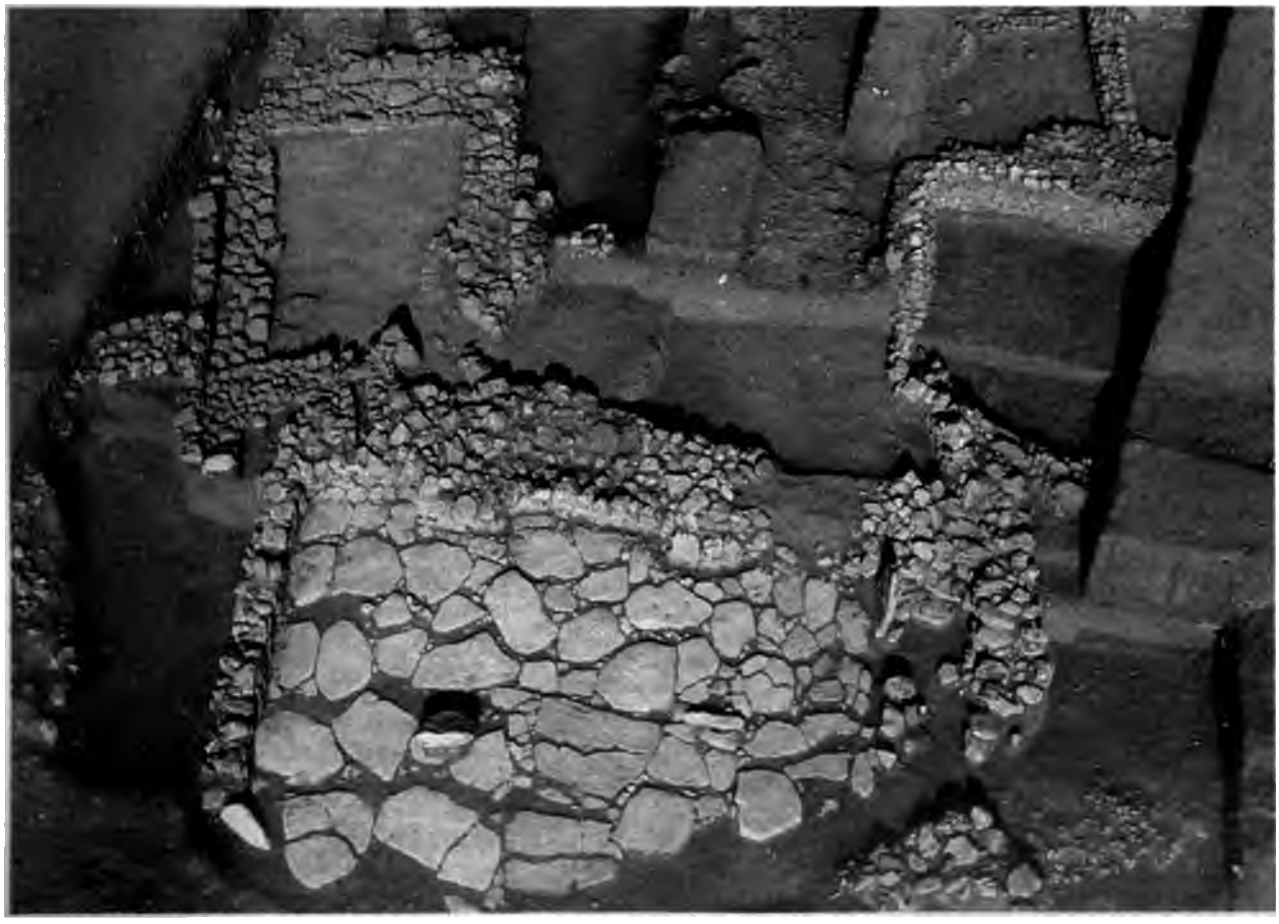
Чейеню лежит в нескольких километрах юго-восточнее города Эргани в вилайете Диярбакыр. Включая наши первые пробные раскопки весной 1964 г., работы там велись восемь сезонов, последние четыре — в 1978—1981 гг.

Главные раннеземледельческие фазы существования поселения определены с помощью одиннадцати надежных радиоуглеродных датировок. Все они концентрируются в промежутке времени между 7250 — 6750 лет до н. э. (Либби (Libby), даты некалиброванные). В северо-восточной части холма имеются менее выразительные следы двух, очевидно, более поздних поселений, которые мы еще не пытались исследовать. По-видимому, они относятся преимущественно к той же эпохе и датируются временем около 9000 лет назад.

Чейеню — это низкий холм площадью немного более трех гектаров и более четырех метров высоты. Он лежит на северном берегу маленькой непересыхающей речки, одного из притоков самого верхнего течения Тигра. Южнее речки имеется низкая известковая гряда. К северу от речки и поселения у подножия гор Восточного Тавра протянулась маленькая плодородная долина. Таким образом, древнее поселение находилось в условиях, где были хорошая вода и пахотная земля и где охота и собирательство были возможны как на равнине, так и в горах, расположенных поблизости.

К концу полевых работ в 1981 г. мы, вероятно, исследовали около одной десятой части всей площади первоначального поселения Чейеню на уровне среднего и верхнего слоев. Трудно, конечно, быть точным в этой оценке, пока холм не будет вскрыт целиком. Действительно, наиболее глубокие и поэтому наиболее ранние слои исследованы нами на площади всего около одного процента всей площади холма. Работы проводились в основном в центральной части холма, расширяясь к югу по направлению к реке. Немного меньшая площадь была также раскопана к западу.

* *Вилайет* — крупная административно-территориальная единица в Турции (с 1866 г.). — *Ред.*



строек, в которых главные жилые полы были сооружены над булыжными фундаментами, дошедшими до нас. Имеются также достаточные свидетельства, что верхние стены этих построек были из сырцового кирпича. Еще нет данных о том, каковы были в действительности внутренние планы, т. е. устройство комнат на самих жилых полах. Мы предполагаем, что пространства между «решетками» в решетчатом плане служили для вентиляции жилых полов. «Ячейки» в ячеистых планах, несомненно, слишком малы по размерам, чтобы использоваться иначе, как хранилища.

Выше остатков ячеистого плана, недалеко от поверхности холма, были обнаружены два или три образца более или менее целых остатков построек, которые предполагают более крупные одно- или двухкомнатные планы. Мы относим их, как и содержащие их орудия, к «субфазе самых верхних слоев», но этот материал определенно требует дальнейшего исследования.

О субфазе, предшествующей решетчатому плану, мы пока говорим как о «самой ранней доступной субфазе». Один образец остатков постройки с этой глубины представляет маленькую круглую или овальную стенку из оштукатуренного плетня. Можно предположить, что в этих слоях были также остатки, по крайней мере, нескольких прямоугольных построек.

У нас нет оснований полагать, что какие-либо из перечисленных выше остатков построек служили иным целям, кроме домашних. Вместе с тем имеются признаки построек иного назначения, однако пока неизвестно, были они сакральными или светскими. На центральной площади мы исследовали две частично сохранившиеся постройки ширококомнатного плана с очень специфичной обработкой пола. Одна из них была раскопана еще во время нашего первого полевого сезона. Ее пол сделан из больших плоских каменных плит. В нем помещались разрушенные основания вертикальных плит, которые могли использоваться как колонны для поддержки крыши; им соответствовали пилястры на примыкающей стене. Эти постройки такой же древности, как и решетчатые планы, если не древнее.

Аналогичный тип плана постройки обнаружен и на центральной площади. Эта постройка крупнее и сооружена позже, чем предыдущая, так как непосредственно перекрывает остатки решетчатых планов. Ее пол выложен тщательно залощенной цветной красно-оранжевой мозаикой с парами белых линий, тянущихся между пилястрами. Большая глыба известняка с человеческим лицом, выполненным в низком рельефе на одном из ее краев, сдвинутая с места, обнаружена в северо-западном углу остатков этой постройки.

Во время сезонов 1980 и 1981 гг. мы начали расчищать остатки большой многокомнатной постройки с мощными высокими стенами из булыжника. Местами поверхность этих стен была покрыта расписанной штукатуркой, а в двух из более малых комнат находились кучки обломков обожженных человеческих черепов. Естественно,

Остатки строения с мозаичным полом; вид с севера; конец работ 1970 г. Нарушение в центре имело место примерно в конце главной фазы жизни поселения или вскоре после ее конца

Деталь мозаичного пола с одной из белых линий, которые пересекают его

Расчищенный участок комнаты с полом из грубых каменных плит, где находились обожженные обломки человеческих черепов; работы 1981 г.

Крупная известковая плита с человеческим лицом на одном конце. Найдена сдвинутой с места в северо-западном углу остатков постройки с мозаичным полом

мы задаем себе вопрос: могли ли принадлежать эти необычные строительные остатки к постройкам того же назначения, что и простые жилые дома?

Если говорить об основном инвентаре Чейеню, то изменения, которые видны в строительных остатках, дают основание предполагать значительные перемены в общем облике культуры поселения Чейеню. Действительно, смена построек стандартного решетчатого плана на постройки стандартного ячеистого плана могла сопровождаться сменой обитателей самого поселения. Вместе с тем общий набор инвентаря (насколько мы его еще знаем) не менялся на протяжении основного периода существования памятника. Поэтому мы склонны рассматривать это развитие и изменения в культуре поселения как внутренний процесс, а не как привнесенный извне.

Наибольшая часть орудия была получена из слоя с ячеистыми планами. По-видимому, здесь нет переносных глиняных сосудов, так как найденные керамические емкости, имеющие форму тяжелого плоского блюда, судя по отпечаткам на их днищах, как мы полагаем, первоначально были глиняной обмазкой корзин. Несколько сосудов простой формы из гипса были найдены в самых верхних слоях. Здесь же были обнаружены две «модели дома» из обожженной глины, а также несколько образцов слегка обожженных фигурок животных и людей.

Несомненно, основную часть орудий из Чейеню составляют каменные орудия на сколах и зернотерки. Среди первых особый интерес представляют длинные, круто притупленные по краю орудия на обсидиановых пластинах со следами работы по режущему краю. Этот тип орудий впервые отмечен на стоянке Шимшара в Загросе. Очень разнообразны сельскохозяйственные орудия и зернотерки для приготовления пищи, только, как ни странно, при большом количестве

Скопление орудий в одной из «ячеек» развалин построек ячеистого плана

каменных пестов совсем нет каменных ступок. Вероятно, они были из дерева и поэтому не сохранились.

Прекрасно отшлифованные каменные изделия более или менее декоративного типа обычны как для Чейеню, так и для Джармо. Разнообразны костяные орудия. Простые орудия из меди, обработанные методом холодной ковки, составляют значительную часть производственного инвентаря со стоянки. Ничего удивительного в этом нет, так как Чейеню находится в 20 км от месторождения меди Эргани Маден.

Начиная с древнейших слоев в Чейеню встречаются кости домашней собаки, зерна культивированного эммера (один из видов пшеницы полбы) и пшеницы-двузернянки, некоторых бобовых, однако признаков культивированного ячменя пока нет. Очень важно, что не обнаружены останки одомашненных животных (кроме собаки). По-видимому, их совсем не было до конца основного периода существования поселения. До этого времени население Чейеню занималось охотой на диких парнокопытных, в том числе кабана. Следы своеобразного хозяйства земледельцев-охотников ярко представлены нижними слоями Чейеню.

Форма, напоминающая низкую чашу; изготовлена из слабо обожженной глины

Фрагмент простой низкой чаши из гипсовой штукатурки

Фрагментированная глиняная модель однокомнатного дома с плоской крышей

Обитые обсидиановые орудия
Маленькая каменная фигурка человека, вероятно, женщины

Фрагменты мраморных «браслетов»

Фрагмент декорированного стеатитового шара

Образцы мраморных предметов в форме пешки

Рукоятки из рога

Предметы из меди, обработанные методом холодной ковки

□

Как упоминалось выше, археологами обнаружены великолепные находки, в особенности вдоль среднего Евфрата и далее на запад в Леванте, которые характеризуют период развития, предшествующий появлению первых поселений с целиком сложившимися земледелием и скотоводством. Мы склонны думать, что эти памятники отражают самое начало перехода к эффективному производству пищи (некоторые авторы называют это «эпипалеолитическим» или «мезолитическим» периодом развития). В Леванте этот переход иллюстрируется так называемым натуфийским комплексом, который исчезает примерно вскоре после 8000 лет до н. э. Он не содержит выразительных признаков одомашнивания животных, кроме собаки. Дома делались простыми по форме, круглыми в плане.

К сожалению, знания о периоде зарождения земледельческо-скотоводческого общества восточнее Евфрата ограничены двумя или тремя очень слабо исследованными памятниками вдоль Загроса. Наши разведки в Юго-Восточной Турции не обнаружили следов таких памятников. Может быть, мы вели работы слишком далеко на север и слишком высоко над уровнем моря.

Итак, непосредственные предшественники Чейеню фактически все еще ждут своего исследователя. Однако, судя по круглым конструкциям из оштукатуренного плетня в нижних горизонтах поселения и отсутствию домашних животных чуть ли не до конца основного этапа его существования, можно предположить, что становление культуры Чейеню происходило не намного позже самого зарождения земледелия и скотоводства. Определение возраста радиоуглеродным методом утверждает нас в этом предположении.

Удивителен темп культурного развития и смена архитектуры в Чейеню. Действительно, маленькие временные открытые поселения с круглыми или овальными хижинами человек начал строить еще в плейстоцене. Поселения с круглыми домами эпохи зарождения земледелия и скотоводства в Леванте и вдоль Загроса, вероятно, были достаточного размера и некоторые из них могли быть заселены постоянно. Хорошо продуманные и спланированные постройки в Чейеню — самый ранний выразительный пример прочного постоянного поселения. А постройки с мозаичными полами — уже подлинно архитектурное сооружение, вызывающее вполне эстетическое чувство. Хотя и маленькое по размерам, оно выглядит монументальным.

Таким образом, в Чейеню мы не только прослеживаем становление общества с эффективным земледельческо-скотоводческим образом жизни в Юго-Восточной Анатолии, но уже видим первую зарю цивилизации, которая впоследствии расцвела на древнем Ближнем Востоке.

Галина Анатольевна
ПУГАЧЕНКОВА
(р. 1915) — историк художественной и материальной культуры Среднего Востока, доктор искусствоведения, профессор, член-корреспондент Академии наук Узбекской ССР, заслуженный деятель науки Узбекской ССР.

В 1937 окончила архитектурное отделение Среднеазиатского индустриального института. В 1941 по окончании аспирантуры и при кафедре истории архитектуры защитила кандидатскую, а в 1959 докторскую диссертацию. С 1942 по 1961 — доцент Среднеазиатского государственного университета (ныне Таш. ГУ). С 1958 по настоящее время работает в Научно-исследовательском институте искусствознания имени Хамзы, где с 1961 возглавляет сектор истории искусств и архитектуры.

Более сорока лет ведет экспедиционные археологические работы в Средней Азии: в 1938 — в Старом Термезе, в 1939—1945 — в Самарканде, Шахрисябзе, Таласе; в 1946—1958 — начальник 7-го отряда Южно-Туркменистанской археологической комплексной экспедиции, с 1959 по настоящее время возглавляет Узбекистанскую искусствоведческую экспедицию. В 1967 и 1969 обследовала ряд памятников средневекового зодчества в Афганистане, а в 1972—1974 гг. участвовала в работах советско-афганской археологической экспедиции.

В 1964 Г. А. Пугаченкова удостоена звания заслуженного деятеля науки УзССР, а в 1968 она избрана членом-корреспондентом АН УзССР. В 1975 ей присвоено звание доктора honoris causa Страсбургского университета (Франция).

Г. А. Пугаченкова — автор более 300 печатных работ. За книгу «История искусств Узбекистана», подготовленную в соавторстве с Л. И. Ремпелем, удостоена республиканской премии Узбекистана им. Хамзы (1966), диплома и премии Союза архитекторов СССР (1969); за книги «Скульптура Халчаяна» (1973) и «Миниатюры Средней Азии в избранных образцах» (1980) — премии и диплома Союза художников СССР.

Галина Анатольевна ПУГАЧЕНКОВА

Мианкальские оссуарии — памятники культуры Древнего Согда

Оссуарии (термин европейский), или астоданы (термин иранский), — по-русски костехранилища — представляют особую группу предметов древнего погребального культа, характерную для среднеазиатского региона. Они обнаружены на территориях древнего Хорезма, Мерва (Мургабский оазис), Согда (междуречье Кашкадарьи — Зеравшана — Сырдарьи), Шаша (Ташкентский оазис) и в лежащих к северу от последнего районах Семиречья. Оссуарии — это терракотовые (иногда гипсовые) ящики прямоугольной или овальной формы, с крышками, нередко с изображениями или орнаментальными мотивами, причем в разных районах их формы и оформление имеют существенные отличия.

Оссуарии издавна вызывают к себе интерес, поскольку они дают представление об идеологии населявших названные области народов, хотя оставляют и немало загадок, ответы на которые носят скорее гипотетический, чем бесспорно доказательный характер.

Уже в конце XIX — начале XX вв. находки оссуариев в Самарканде, Ташкенте, Аулие-Ата (ныне Джамбул) обратили на себя внимание как столичных археологов и востоковедов, так и членов организованного в Ташкенте Туркестанского кружка любителей археологии. Но, пожалуй, особый интерес вызвали у всех оссуарные находки в Бия-Наймане — небольшом кишлаке близ Катты-Кургана, обнаруженные страстным собирателем древностей военным инженером Б. Н. Кастальским. Несколько сотен фрагментов, найденных там, ныне хранятся в Государственном Эрмитаже. Несмотря на то, что они не дали возможности полностью реконструировать хотя бы один оссуарий, эти находки неизменно привлекали внимание благодаря богатству насыщающих их изобразительных рельефов.

Бия-найманские оссуарии долго оставались уникальными до открытий, сделанных Узбекистанской искусствоведческой экспедицией, а также некоторых случайных находок в Мианкальской зоне Самаркандской области Узбекистана.

Мианкалем в узком смысле слова именовался еще в средневековье длинный и узкий остров (100 × 15 км), образованный раздвоением к западу от Самарканда реки Зеравшан на два русла — Акдарью и Карадарью, которые опять сливаются у Хатырчи. В более широком историко-культурном аспекте мианкальской зоной следует также считать прибрежные земли к югу от Карадарьи и особенно лежащие к северу от Акдарьи. Характерно, что еще в досоветское время последние именовались Сугуди-Калян (Большой Согд), а островная часть Нимсугуд (Полусогд).

Первой находкой здесь был фрагмент, обнаруженный в 1970 г. у обрыва канала Хазаре на окраине райцентра Иштихан. Однако осуществленный тогда автором этой статьи осмотр места находки не дал указания на наличие здесь оссуарного могильника. И только в 1979 г. при работах нашей экспедиции в Иштиханском районе на размытом каналом левом берегу были открыты оссуарные захоронения. Раскопки дали большое число оссуарных фрагментов. После этого в мианкальском регионе местными жителями были обнаружены отдельные находки: фрагмент оссуария, полученный нами из Дурментепе в Пост-Даргомском районе, фрагмент из ущелья Раванак в Иштиханском районе, переданный в Институт археологии АН УзССР, и великолепный целый оссуарий из Мулла-Кургана у Лоиша, поступивший в музей истории искусства и культуры народов Узбекистана в Самарканде.

Все перечисленные оссуарии принадлежат к тому же виду, что и бия-найманские, но они полностью воссоздают присущую данной оссуарной группе форму и содержат новые разновидности и многочисленные варианты изобразительных мотивов.

Несколько слов об оссуариях вообще и их связи с предписаниями Авесты — священной книги древних ираноязычных народов. Согласно зороастрийской религии, которую исповедовали

эти народы (с рядом вариантов в ее обрядовой стороне), мир формируют четыре стихии — земля, вода, воздух и чистейшая из всех — огонь. Они священны, их нельзя осквернять. Так как смерть — это злое деяние Аримана, а гниющий труп — нечисть, его нельзя ни предать земле, ни бросить в воду, ни тем более сжечь на огне, что было бы святотатством. И потому религия предписывала сразу же уносить усопшего в специальный дом — кед, а затем на расположенное вдали от населенного пункта возвышение — дахму. Здесь труп оставался в течение года, пока мясо не истлевало, было расклевано птицами или обглодано специально содержавшимися для этой цели собаками. Овеянные ветром, обсушенные солнцем кости уже считались чистыми, более того — воплощающими частицы души усопшего, их следовало собрать и поместить в особое хранилище — наус (склеп, куда ставили оссуарии). Естественно, что не только полный набор костяка, но и целые черепа в оссуариях большая редкость — обычно это лишь разрозненные костные останки. Специфику именно среднеазиатского приема сохранения этих останков составляла укладка их в оссуарии, которые помещались либо в специальных постройках, либо в оградках, или просто зарывались в землю. Оссуарии — это не только упомянутые терракотовые гробики, но и обычные корчаги-хумы — в них помещали кости простого люда, которыми эти крупные сосуды бывают забиты до отказа.

В иштиханском могильнике оказалось два пункта сохранения костей, причем в качестве наусов были, видимо, просто два высеченных в лессовом грунте небольших сводчатых грота. Необходимо отметить, что в предгорных ущельях к северу от Акдарьи население еще недавно вырывало в лессовых толщах пещерные помещения, служившие и временными убежищами, и стойлами для скота, а также использовавшихся для иных хозяйственных целей. Своды наусов со временем просели, придавив все содержимое, располагавшееся на выровненном грунтовом полу на глубине 1,6—1,8 м от современной поверхности. Здесь оказалось множество костей, 52 черепа — мужских, женских, детских, в большинстве аккуратно уложенных на толстостенный керамический обломок, фрагменты раздавленных оссуариев, — перемешанные, так как их смещали при внесении новых останков, а один оссуарий сохранил почти целиком свою форму.

Есть все основания предполагать, что оба вскрытых захоронения принадлежали нескольким поколениям единых семей, которые помещали здесь костные останки своих близких по мере их ухода из жизни. Кости наиболее почитаемых представителей рода укладывались в оссуарии, а всех остальных членов — вокруг, иногда слоями в несколько рядов.

Упомянутые обломки керамических сосудов под черепами характерны для комплекса керамики, датируемого VI—VII вв., что уточняет и датировку оссуариев.

Иштиханские оссуарии имеют вид прямоугольных ящиков размером около 50 × 28 × 30 см при толщине стенок 10—15 мм. От крышек дошли фрагменты треугольных граней, из которых составлялась четырехскатная форма. Все четыре стороны ящика и крышки содержат изобразительные и орнаментальные мотивы. Они выполнены оттиском с матриц, причем в двух случаях были применены одни и те же матрицы. Это свидетельствует о том, что данные оссуарии изготовлены в одной мастерской и почти одновременно. Как выяснилось, здесь было применено шесть наборов такого рода матриц. Оттиски наносились по отдельности на стенки, которые затем соединялись с днищем и между собой на углах; также по отдельности делались оттиски на треугольниках крышек. Швы соединений отчетливо видны изнутри, а снаружи они затерты вручную. Вверху ящика изнутри прикреплен бортик для установки крышки. Иногда оссуарии покрыты ангобом — тонким слоем белой или цветной глины. Затем оссуарии подвергались обжигу. При крупных размерах и значительном весе (уже в готовом виде более 8 кг, в сыром же состоянии еще больше) требовалось большое мастерство керамиста, чтобы при обжиге не произошло деформаций.

Основным разновидностям миankальских оссуариев присуща общая архитектурная композиция, варьирующая лишь в деталях: аркада на колонках, стоящих как бы на невысоком цоколе, с проходящим поверху зубчатым карнизом. Взятые по отдельности эти архитектурные элементы находят прямые соответствия в средневековом зодчестве Согда. Таковы колонки, которые имеют профилированную базу с наклонными гранями, шаровидную форму при переходе к стволу, сужающемуся кверху, раструбообразную капитель и над ней так называемую импостную капитель-подбалку с завитками-волютами, создающими уширение, которое служит опорой для пят смежных арок. Подобные формы колонн известны в образцах X—XI вв. из горных районов Зеравшанской долины (Обурдон, Курут, Фатмев), резные импостные подбалки XI—XII вв. сохранились в с. Чорку и в ансамбле Шахи-Зинда в Самарканде, а в народной архитектуре Самаркандской области в XIX—XX вв. был сохранен тот же тип колонн и подбалок, но с некоторым изменением деталей и пропорций.

Арки на оссуарных рельефах полуциркульного или пониженного очертания. Их проемы обрамлены орнаментальными фигурами — это диски, розетки, «падающая волна», полупальмет-

Фрагменты оссуария из Иштихана

□

Как упоминалось выше, археологами обнаружены великолепные находки, в особенности вдоль среднего Евфрата и далее на запад в Леванте, которые характеризуют период развития, предшествующий появлению первых поселений с целиком сложившимися земледелием и скотоводством. Мы склонны думать, что эти памятники отражают самое начало перехода к эффективному производству пищи (некоторые авторы называют это «эпипалеолитическим» или «мезолитическим» периодом развития). В Леванте этот переход иллюстрируется так называемым натуфийским комплексом, который исчезает примерно вскоре после 8000 лет до н. э. Он не содержит выразительных признаков одомашнивания животных, кроме собаки. Дома делались простыми по форме, круглыми в плане.

К сожалению, знания о периоде зарождения земледельческо-скотоводческого общества восточнее Евфрата ограничены двумя или тремя очень слабо исследованными памятниками вдоль Загроса. Наши разведки в Юго-Восточной Турции не обнаружили следов таких памятников. Может быть, мы вели работы слишком далеко на север и слишком высоко над уровнем моря.

Итак, непосредственные предшественники Чейеню фактически все еще ждут своего исследователя. Однако, судя по круглым конструкциям из оштукатуренного плетня в нижних горизонтах поселения и отсутствию домашних животных чуть ли не до конца основного этапа его существования, можно предположить, что становление культуры Чейеню происходило не намного позже самого зарождения земледелия и скотоводства. Определение возраста радиоуглеродным методом утверждает нас в этом предположении.

Удивителен темп культурного развития и смена архитектуры в Чейеню. Действительно, маленькие временные открытые поселения с круглыми или овальными хижинами человек начал строить еще в плейстоцене. Поселения с круглыми домами эпохи зарождения земледелия и скотоводства в Леванте и вдоль Загроса, вероятно, были достаточного размера и некоторые из них могли быть заселены постоянно. Хорошо продуманные и спланированные постройки в Чейеню — самый ранний выразительный пример прочного постоянного поселения. А постройки с мозаичными полами — уже подлинно архитектурное сооружение, вызывающее вполне эстетическое чувство. Хотя и маленькое по размерам, оно выглядит монументальным.

Таким образом, в Чейеню мы не только прослеживаем становление общества с эффективным земледельческо-скотоводческим образом жизни в Юго-Восточной Анатолии, но уже видим первую зарю цивилизации, которая впоследствии расцвела на древнем Ближнем Востоке.

ки, соединенные в цепочку, зубцы. Все эти мотивы также находят прямые аналогии в средневековом архитектурном декоре Согда и местах распространения согдийских колоний.

В межарочных треугольниках почти на всех миankальских оссуариях расположена фигура в виде трех крупных как бы сросшихся листов, а на одном из иштиханских — в виде пары смыкающихся растительных завитков с побегами. Значение этих фигур воспринималось как чисто орнаментальное, но его происхождение разъясняет дурментепинский фрагмент. Здесь размещены фронтальные фигуры орлов с распростертыми крыльями, опущенным хвостом и обращенной то вправо, то влево головой с круто загнутым клювом. Последующая стилизация преобразовала образы этих птиц в чисто орнаментальный мотив, который первоначально имел глубокий внутренний смысл: орел — это символ солнца, царского величия, военной победы, отлетающей души. На оссуариях он, скорее всего, имел это последнее значение.

Возникает вопрос: в какой мере на миankальских оссуариях, где нами отмечено столько характерных для согдийского зодчества архитектурных форм и декоративных мотивов, воспроизведены подлинные архитектурные композиции? Думается, что в целом они не имитируют реальное здание. Так, четырехскатная форма крыши была чужда согдийской архитектуре, в которой в ту пору применялись плоскобалочная или сводчато-купольная системы. Условна здесь и аркада: поскольку колонки воспроизводят тип деревянных колонн, то опора на них сырцовых или кирпичных арок конструктивно невозможна. Перед нами либо условно-декоративная аркатура, или же система арочных ниш на стене, разделенных пристенными колонками, лишь имитирующими в ином материале тип деревянных колонн (нам известны такие имитации в постройках Пенджикента VI—VIII вв.). В первом случае могли быть переданы стоящие под арками персонажи, во втором — статуи.

При всех отличиях манеры выполнения матриц, которыми оттиснуты рельефы, — то артистичной, то грубовато-ремесленной, анализ изображений позволяет выделить во всей миankальской группе оссуариев по признакам внешности, головных уборов и атрибутов сравнительно ограниченное число фигур, видимо, соответствовавших вполне определенному составу участников того действа, с которым они были связаны. Сразу же отметим, что за исключением единственной сидящей фигуры из Бия-Наймана все остальные стоят. Возраст у пожилых мужчин подчеркнут лишь бородой и усами, у юношей — небольшими, аккуратно подстриженными усами.

Мужчины одеты в мягкие, перепоясанные рубахи, которые, драпируясь, спускаются треугольным свесом между колен, а длинные рукава образуют складки у предплечий и у запястий. На груди завязан плащ из плотной, но мягкой ткани, который заброшен за спину, образуя игру драпировок; иногда, взамен плаща, бывает длинный шарф. Шаровары не доходят до щиколоток, они из мягкой, облегающей ткани, иногда бахромчато драпирующиеся по сторонам. На ногах облегающая обувь.

Женщины одеты в мягкие, облегающие формы тела платья до щиколоток с бахромчатой драпировкой внизу. В других случаях — платье выше колен, перепоясанное, драпирующееся двумя пышными складками и под ним другое длинное платье. На некоторых оссуариях у женщин за спиною развевающийся большими складками плащ. Обувь облегающая, без проработки каких-либо деталей.

Лица, переданные или почти фронтально, или в три четверти, у всех персонажей однотипны, пол их различается лишь растительностью на лице.

Во всей рассматриваемой нами группе оссуариев (кроме лоишского — он стоит особняком) могут быть выделены следующие персонажи.

Мужчина в короне в виде двух полукружий, увенчанных на концах тремя полумесяцами, со штриховой сеткой или кружками в промежутках: в одном из вариантов голову облекает также нимб с зубчатым (огненным?), контуром, в другом — корона с двумя пальметками и двумя цветками по краям. Атрибуты: обязательно веселка (лопатка для размешивания топлива) за поясом, а из прочих — плошка с каким-то заполнением, меч или жезл с рукоятью в виде головы змеи, сумочка у пояса. Иногда рука поднята с двуперстным жестом благословения.

Мужчина в раструбообразной короне в две полосы, одна из которых заполнена полукружиями, другая — квадратиками. Атрибуты: плошка с тремя спиралевидными язычками пламени, меч или жезл со змеиной головой на изогнутой рукояти.

Мужчина в двукрылой короне, голову обрамляет нимб с зубчатым (огненным?) контуром. Атрибуты: на слегка изогнутом стержне не то плошка с густыми языками пламени, не то пышный цветок, над которым полумесяц с шаром, кроме того — меч или жезл в обрамлении двух ниспадающих цепочкой шариков.

Мужчина в короне с розеткой посередине и с крыльями или с цветками по обе стороны (изображение смято). Атрибуты: топорик и меч с высокой рукоятью.

Три юноши: у них общие атрибуты: небольшой алтарик с горящим огнем и веселка или лопатка, рабочая часть которой имеет пятигранную или близкую к овальной форму. Варианты корон: двукрылая с подобием капители в центре;

Фрагменты оссуария из Иштихана

На с. 84—85: Фрагмент оссуария из Дурмен-тепе

Галина Анатольевна ПУГАЧЕНКОВА

Миankальские оссуарии — памятники культуры Древнего Согда

Оссуарии (термин европейский), или астоданы (термин иранский), — по-русски костехранилища — представляют особую группу предметов древнего погребального культа, характерную для среднеазиатского региона. Они обнаружены на территориях древнего Хорезма, Мерва (Мургабский оазис), Согда (междуречье Кашкадарьи — Зеравшана — Сырдарьи), Шаша (Ташкентский оазис) и в лежащих к северу от последнего районах Семиречья. Оссуарии — это терракотовые (иногда гипсовые) ящики прямоугольной или овальной формы, с крышками, нередко с изображениями или орнаментальными мотивами, причем в разных районах их формы и оформление имеют существенные отличия.

Оссуарии издавна вызывают к себе интерес, поскольку они дают представление об идеологии населявших названные области народов, хотя оставляют и немало загадок, ответы на которые носят скорее гипотетический, чем бесспорно доказательный характер.

Уже в конце XIX — начале XX вв. находки оссуариев в Самарканде, Ташкенте, Аулие-Ата (ныне Джамбул) обратили на себя внимание как столичных археологов и востоковедов, так и членов организованного в Ташкенте Туркестанского кружка любителей археологии. Но, пожалуй, особый интерес вызвали у всех оссуарные находки в Бия-Наймане — небольшом кишлаке близ Катты-Кургана, обнаруженные страстным собирателем древностей военным инженером Б. Н. Кастальским. Несколько сотен фрагментов, найденных там, ныне хранятся в Государственном Эрмитаже. Несмотря на то, что они не дали возможности полностью реконструировать хотя бы один оссуарий, эти находки неизменно привлекали внимание благодаря богатству насыщающих их изобразительных рельефов.

Бия-найманские оссуарии долго оставались уникальными до открытий, сделанных Узбекистанской искусствоведческой экспедицией, а также некоторых случайных находок в Миankальской зоне Самаркандской области Узбекистана.

Миankалем в узком смысле слова именовался еще в средневековье длинный и узкий остров (100 × 15 км), образованный раздвоением к западу от Самарканда реки Зеравшан на два русла — Акдарью и Карадарью, которые опять сливаются у Хатырчи. В более широком историко-культурном аспекте миankальской зоной следует также считать прибрежные земли к югу от Карадарьи и особенно лежащие к северу от Акдарьи. Характерно, что еще в досоветское время последние именовались Сугуди-Калян (Большой Согд), а островная часть Нимсугуд (Полусогд).

Первой находкой здесь был фрагмент, обнаруженный в 1970 г. у обрыва канала Хазаре на окраине райцентра Иштихан. Однако осуществленный тогда автором этой статьи осмотр места находки не дал указания на наличие здесь оссуарного могильника. И только в 1979 г. при работах нашей экспедиции в Иштиханском районе на размытом каналом левом берегу были открыты оссуарные захоронения. Раскопки дали большое число оссуарных фрагментов. После этого в миankальском регионе местными жителями были обнаружены отдельные находки: фрагмент оссуария, полученный нами из Дурмен-тепе в Пост-Даргомском районе, фрагмент из ущелья Раванак в Иштиханском районе, переданный в Институт археологии АН УзССР, и великолепный целый оссуарий из Мулла-Кургана у Лоиша, поступивший в музей истории искусства и культуры народов Узбекистана в Самарканде.

Все перечисленные оссуарии принадлежат к тому же виду, что и бия-найманские, но они полностью воссоздают присущую данной оссуарной группе форму и содержат новые разновидности и многочисленные варианты изобразительных мотивов.

Несколько слов об оссуариях вообще и их связи с предписаниями Авесты — священной книги древних ираноязычных народов. Согласно зороастрийской религии, которую исповедовали

эти народы (с рядом вариантов в ее обрядовой стороне), мир формируют четыре стихии — земля, вода, воздух и чистейшая из всех — огонь. Они священны, их нельзя осквернять. Так как смерть — это злое деяние Аримана, а гниющий труп — нечисть, его нельзя ни предать земле, ни бросить в воду, ни тем более сжечь на огне, что было бы святотатством. И потому религия предписывала сразу же уносить усопшего в специальный дом — кед, а затем на расположенное вдали от населенного пункта возвышение — дахму. Здесь труп оставался в течение года, пока мясо не истлевало, было расклевано птицами или обглодано специально содержавшимися для этой цели собаками. Овеянные ветром, обсушенные солнцем кости уже считались чистыми, более того — воплощающими частицы души усопшего, их следовало собрать и поместить в особое хранилище — наус (склеп, куда ставили оссуарии). Естественно, что не только полный набор костяка, но и целые черепа в оссуариях большая редкость — обычно это лишь разрозненные костные останки. Специфику именно среднеазиатского приема сохранения этих останков составляла укладка их в оссуарии, которые помещались либо в специальных постройках, либо в оградках, или просто зарывались в землю. Оссуарии — это не только упомянутые терракотовые гробики, но и обычные корчаги-хумы — в них помещали кости простого люда, которыми эти крупные сосуды бывают забиты до отказа.

В иштиханском могильнике оказалось два пункта сохранения костей, причем в качестве наусов были, видимо, просто два высеченных в лессовом грунте небольших сводчатых грота. Необходимо отметить, что в предгорных ущельях к северу от Акдарьи население еще недавно вырывало в лессовых толщах пещерные помещения, служившие и временными убежищами, и стойлами для скота, а также использовавшихся для иных хозяйственных целей. Своды наусов со временем просели, придавив все содержимое, располагавшееся на выровненном грунтовом полу на глубине 1,6—1,8 м от современной поверхности. Здесь оказалось множество костей, 52 черепа — мужских, женских, детских, в большинстве аккуратно уложенных на толстостенный керамический обломок, фрагменты раздавленных оссуариев, — перемешанные, так как их смещали при внесении новых останков, а один оссуарий сохранил почти целиком свою форму.

Есть все основания предполагать, что оба вскрытых захоронения принадлежали нескольким поколениям единых семей, которые помещали здесь костные останки своих близких по мере их ухода из жизни. Кости наиболее почитаемых представителей рода укладывались в оссуарии, а всех остальных членов — вокруг, иногда слоями в несколько рядов.

Упомянутые обломки керамических сосудов под черепами характерны для комплекса керамики, датируемого VI—VII вв., что уточняет и датировку оссуариев.

Иштиханские оссуарии имеют вид прямоугольных ящиков размером около 50 × 28 × 30 см при толщине стенок 10—15 мм. От крышек дошли фрагменты треугольных граней, из которых составлялась четырехскатная форма. Все четыре стороны ящика и крышки содержат изобразительные и орнаментальные мотивы. Они выполнены оттиском с матриц, причем в двух случаях были применены одни и те же матрицы. Это свидетельствует о том, что данные оссуарии изготовлены в одной мастерской и почти одновременно. Как выяснилось, здесь было применено шесть наборов такого рода матриц. Оттиски наносились по отдельности на стенки, которые затем соединялись с днищем и между собой на углах; также по отдельности делались оттиски на треугольниках крышек. Швы соединений отчетливо видны изнутри, а снаружи они затерты вручную. Вверху ящика изнутри прикреплен бортик для установки крышки. Иногда оссуарии покрыты ангобом — тонким слоем белой или цветной глины. Затем оссуарии подвергались обжигу. При крупных размерах и значительном весе (уже в готовом виде более 8 кг, в сыром же состоянии еще больше) требовалось большое мастерство керамиста, чтобы при обжиге не произошло деформаций.

Основным разновидностям миankальских оссуариев присуща общая архитектурная композиция, варьирующая лишь в деталях: аркада на колонках, стоящих как бы на невысоком цоколе, с проходящим поверху зубчатым карнизом. Взятые по отдельности эти архитектурные элементы находят прямые соответствия в средневековом зодчестве Согда. Таковы колонки, которые имеют профилированную базу с наклонными гранями, шаровидную форму при переходе к стволу, сужающемуся кверху, раструбообразную капитель и над ней так называемую импостную капитель-подбалку с завитками-волютами, создающими уширение, которое служит опорой для пят смежных арок. Подобные формы колонн известны в образцах X—XI вв. из горных районов Зеравшанской долины (Обурдон, Курут, Фатмев), резные импостные подбалки XI—XII вв. сохранились в с. Чорку и в ансамбле Шахи-Зинда в Самарканде, а в народной архитектуре Самаркандской области в XIX—XX вв. был сохранен тот же тип колонн и подбалок, но с некоторым изменением деталей и пропорций.

Арки на оссуарных рельефах полуциркульного или пониженного очертания. Их проемы обрамлены орнаментальными фигурами — это диски, розетки, «падающая волна», полупальмет-

Фрагменты оссуария из Иштихана

обруч с тремя тюльпанообразными цветками; двурогая с овальной пальметкой посередине.

Юноша в головном уборе наподобие колпачка. Атрибуты: царская повязка-патив, убранная перлами, и гибкий стержень (фрагмент).

Женщина в короне с тремя зубцами, украшенными на концах перлами; зубцы треугольные или овальные. Варианты короны: два круга с розетками по краям, между ними овал с зубцом. Атрибуты: щипцы и ступка с пестиком.

Женщина в «стенной короне» в виде трех зубцов — уступчатых или широких прямых. Атрибут — растение с луковичным корнем, длинным стержнем, от которого отходят завитки и почки, на конце — цветок (форма его варьирует).

Женщина в такой же короне с прямоугольными зубцами, но атрибутов два — венец и изгибающийся стержень.

Женщина в раструбовидной короне в две полосы, одна из которых оформлена полукружиями, другая — зубчиками. Атрибуты: не то крупный ларец, не то оссуарий; Г-образный стержень.

Мужские короны на миankальских оссуариях представляют восемь разновидностей, женские — пять. Некоторые короны и украшающие их детали находят ряд соответствий в изобразительном искусстве Средней Азии (Пенджикент) и Афганистана (Бамиан) V—VII вв., в нумизматике (кушано-сасанидский и сасанидский чекан), на предметах торевтики. Особенно характерны двукрылые короны, которые нередки также на терракотовых головках Афрасиаба VI—VII вв. Можно было бы привести длинный перечень этих аналогий, но примечательно, что в тех случаях, когда персонажи этих аналогий представлены в рост, они обычно в парадных светских или военных костюмах, в то время как персонажи на миankальских оссуариях одеты очень скромно, да и атрибуты их необычны.

Кто же эти увенчанные коронами мужчины и женщины на оссуариях из Миankаля, стоящие под арками? В свое время выдвигалось предположение, что на бия-найманских рельефах представлены персонифицированные образы четырех стихий зороастрийской космогонии (Огонь, Вода, Земля, Воздух), а также Зрван (Время), однако число персонажей здесь намного больше, да и далеко не все атрибуты их укладываются в эту схему. Ничем не обоснованно и утверждение, будто на бия-найманских и иштиханских оссуариях изображены боги (какие, с каким культом они связаны, в чем их божественные признаки?). А может быть, цари и царицы? Но в пользу этого говорят лишь короны, все остальное — отсутствие иных царских регалий, костюмы без украшений (но и не обыденные, поскольку они дополнены развевающимися плащами или шарфами), предметы в руках, за исключением венца, ничем не символизирующие царскую власть, — этого не подтверждает. Жрецы и жрицы? А почему у них короны? Тогда все же цари? Мы опять возвращаемся на круги своя...

Существенно подводит нас к разгадке оссуарий из Лоиша. На лицевой его стенке в центре представлен алтарь с пылающими языками пламени, которое с двух сторон поддерживают двое мужчин — один с топливом, другой со щипцами. Над ними, на крышке, две женщины с растениями в руках. Несомненна связь изображения с культом огня, с которым, в свою очередь, как-то соотносился погребальный культ.

Эту связь подтверждают и другие миankальские оссуарии, где юноши несут алтарики, а бородатые мужчины — алтарик или нечто вроде факела с пылающим огнем. Другой характерный атрибут у ряда персонажей — веселка для размешивания топлива с лопаткообразным концом, а в одном варианте — кочерга с раздвоенным острием. Топорик у длиннобородого мужчины на бия-найманском рельефе мог служить для разрубания топлива. У одной из женщин — щипцы для размешивания топлива.

Вместе с тем у прочих женщин атрибуты иные. Среди них характерны растения и ступка с пестом. В первом усматривается священная хаома или какое-то местное растение, обладавшее наркотическими свойствами; ступка же и пест предназначались для его растирания.

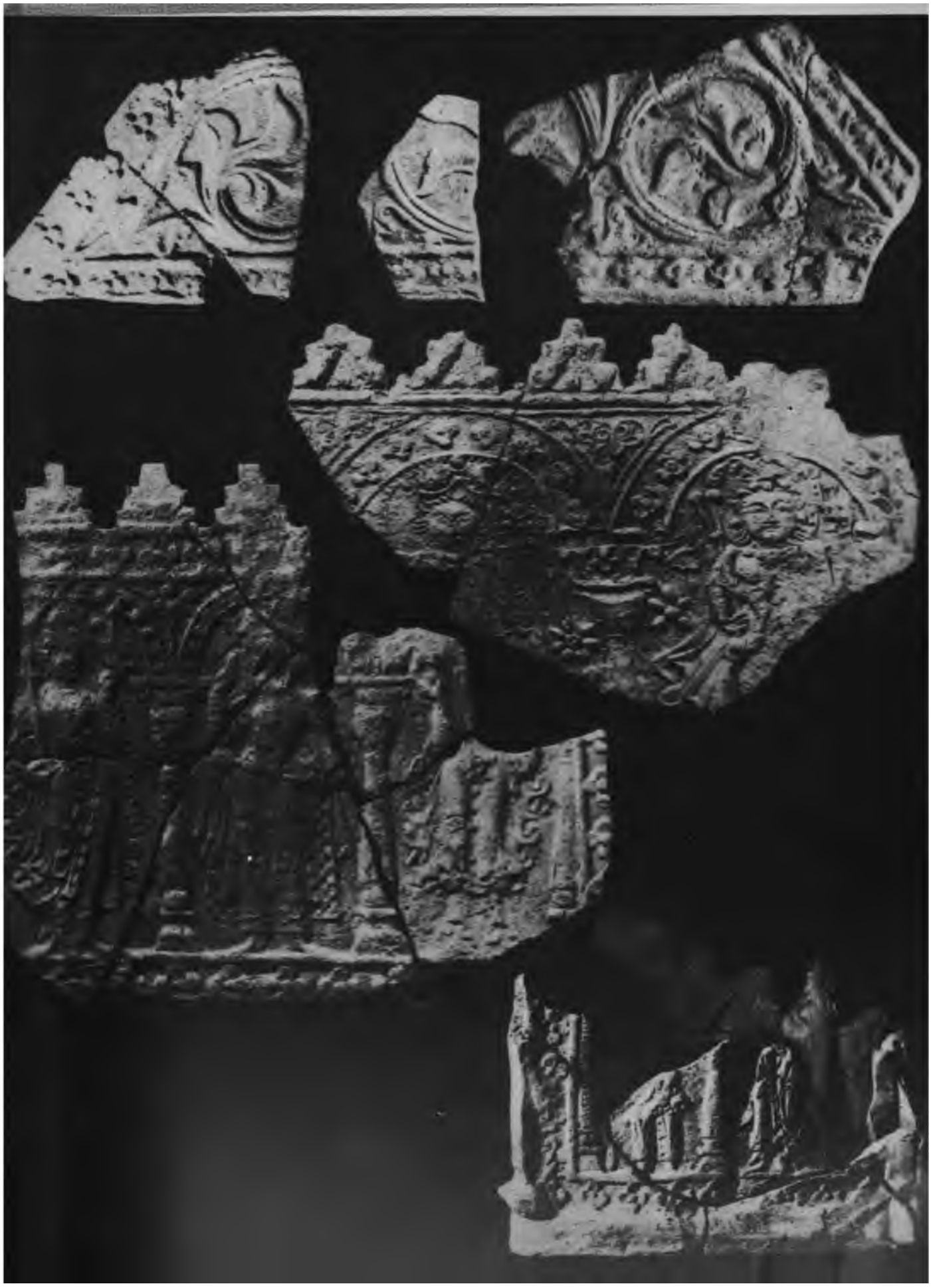
Попытаемся дать истолкование рельефам на миankальских оссуариях.

Нанесенные на погребальную урну изображения должны были иметь смысловую связь с ее обрядовым назначением и с извечно волновавшей людей проблемой ухода в небытие.

Косвенное указание к расшифровке значения рельефов можно почерпнуть в одном из позднепехлевийских текстов, где повествуется об основании в Самарканде легендарным царем Хосровом, сыном Сиявуша, храма огня — аташдана. В нем хранились писаные самим Заратуштрой (греч. Зороастр) на позолоченных пластинах 1200 глав «религиозного писания семи владык», последовательно правивших в Самарканде. Однако в тексте приведено восемь имен: Йима, Аши-Дахак, Феридун, Менучехр, Кавус, Кай-Хосров, Лохрасп и Виштасп. В нем говорится, что «проклятый туранец Фрасиак (Афрасиаб) превратил этот аташдан в пристанище демонов и храм куртизанок».

Текст этот дает прямое подтверждение роли культа огня и посвященных ему алтарей огня — аташданов в Самаркандской зоне Согда. Упоминание в нем Аши-Дахака-Зохака объясняют как позднейшую вставку, так как он считался в среде ортодоксальных зороастрийцев злейшим врагом огня. Однако Согд едва ли был местом ортодоксальных догм зороастризма и наряду с маздеи-

Пожилой жрец. Деталь фрагмента оссуария из Дурмен-тепе



истским* почитанием аташданов здесь могли сосуществовать и какие-то иные местные формы культа огня.

Основание самаркандского аташдана отнесено цитируемым текстом ко времени мифических царей — от Джемшида (Йимы) до Виштаспа. Мифическому туранскому (т. е. среднеазиатскому) царю Афрасиабу приписывается изменение их культовой основы, не отвечавшей принятым в Иране зороастрийским догмам. Причем речь идет не об уничтожении местных святилищ, а лишь о превращении их «в убежище демонов и храм куртизанок». Первое, видимо, подразумевает поклонение каким-то локальным, непризнанным в зороастризме божествам. Второе указывает на обслуживание этих аташданов не только жрецами, но и жрицами, что в глазах правоверных иранцев было осквернением храма.

Миankальские оссуарии наглядно это иллюстрируют. На лоишском оссуарии в обряде у аташдана участвуют мужчины и женщины. На прочих миankальских оссуариях фигурируют попарно мужчины и женщины с ритуальными предметами в руках.

Еще в X—XI вв. в Средней Азии кое-где почитались храмы огня. Так, большой известностью пользовался храм в Рамуше, основанный напротив одного из старейших городов бухарского Согда — Рамитана. У этого храма уже во времена почти повсеместного утверждения в Средней Азии ислама в 28-й день согдийского месяца Наусард собирался народ. Огнепоклонниками оставались и жители Каринейна — селения на пустынном берегу Мургаба, лежавшего на главном пути из Мерва в Тохаристан.

Упомянутый выше пехлевийский текст содержит прямое указание на то, что в домусульманском Самарканде был высокочтимый аташдан. Существование храма огня в миankальской зоне Согда подтверждено нами при работах Узбекистанской искусствоведческой экспедиции на городище Курган-тепе. Здесь близ городской стены был обнаружен небольшой, приподнятый на четырехметровой ступенчатой платформе храм, включавший вестибюль, святилище и обводной с трех сторон его коридор. В центре святилища — большое окаленное пятно с лункой посередине, заполненной пеплом, видимо, падавшим с алтаря. Храм был создан в античное время, функционировал еще в III—IV вв., но затем пришел в упадок, как и весь город Курган-тепе, жизнь на котором частично возродилась лишь в VI—VII вв. И не является ли он одним из тех древних аташданов Самаркандской области, основание которых приписывалось мифическим царям?

Почитание огня было связано также с заупокойными верованиями зороастризма. Здесь уместно вспомнить празднество поминовения усопших предков и сородичей, справлявшееся в Согде и Хорезме, где оно именовалось Фервардаджан, а в Иране — Ферваратикан.

Праздник поминовения усопших — один из очень древних у ираноязычных народов, о нем уже говорится в Авесте и ряде трактующих ее пехлевийских текстов. Считалось, что в определенное время все души приходят в этот мир к своим местам и на протяжении десяти дней их следует ублажать, принося жертвования, творя молитвы, цитируя Авесту, о к р о п л я я о г о н ь б л а г о в о н и я м и. Тем самым люди ублаготворяют охранителей душ — фравашей, ведущих борьбу с духами зла — друджами. Фраваши же, в свою очередь, принесут благословение дому, месту и людям, там живущим, ибо сами фраваши зависимы от деяний тех, кого они охраняют. В один из дней этого празднества полагалось выставлять душам новую одежду, молоко, цветы, сладости, чашу воды, плоды.

Значительную роль в обрядах этого празднества играл огонь, который поддерживали в домах в течение нескольких ночей, дабы отгонять злых друджей. Напомним, что на оссуарных рельефах представлены юноши с переносным алтариком, на котором горит огонь. Быть может, они несут его, дабы во время Фервардаджана жители зажигали огни в домах не от домашних очагов, а от огня, зажженного в городском или сельском храме и приносимого молодыми священнослужителями. Веселки же и щипцы для размешивания огня у других персонажей на оссуариях служили для поддержания больших огней на больших алтарях этих храмов.

Выставление во время Фервардаджана для духов умерших питья и еды также находит свое соответствие на оссуариях. С этим обрядом, видимо, связан образ женщины с растением и ступкой для приготовления священного напитка. В плошке бородатого мужчины на одной из разновидностей иштиханских оссуариев мы видим плоды, а на дурментепинском — не совсем понятную горку, возможно, какой-то освященной еды.

На оссуарных композициях представлены не рядовые согдийцы, выполняющие обыденные действия в дни Фервардаджана, а жрецы и жрицы. Одеяния их совершенно отличны от светских костюмов, в разных вариантах, представленных в современной оссуариям живописи и пластическом искусстве Пенджикента, Афрасиаба, Варахши. Единственную аналогию для женского костюма дает крупный терракотовый рельеф из варахшского дворца, где представлена женщина с воздетыми руками. Но, вероятно, она-то и изображает жрицу, а не знатную или рядовую согдианку.

Юноша-жрец. Деталь фрагмента оссуария из Дурмен-тепе

* *Маздеизм* (от имени верховного божества Ахурамазды) — распространенное название ряда древнеиранских религий с первых веков I тысячелетия до н. э. на территории Западного Ирана, Афганистана, Средней Азии (зороастризм) — *Ред.*

Что касается мужских одеяний, то здесь уместно напомнить предписание, согласно которому, прежде чем приступить к зороастрийскому богослужению, полагалось омыть тело соком растений, затем чистой водой, после чего надеть «вахумановo одеяние». Вахуман — первочеловек, своего рода зороастрийский Адам, — творение Ахурамазды, белоснежная одежда которого, очевидно, в представлении верующих отличалась простотой покроя. Она-то, видимо, и воспроизведена в одеяниях мужчин на оссуариях. Вместе с тем небытовую деталь у них составляет плащ или длинный развевающийся шарф.

На головах всех участников церемонии, как уже отмечено, — короны. И здесь вновь напомним отрывок из пехлевийского источника, по которому основание и поддержание древних храмов огня в Самарканде связывалось с мифическими царями среднеазиатско-иранской мифологии. Возможно, что различные по форме короны этих працарей, какими их представляли в Согде, надевали жрецы во время ритуала, воспроизводимого на оссуариях. А коль скоро в согдийских храмах в богослужениях участвовали и женщины, то верховные священнослужительницы также были в коронах древних цариц.

Какие же обряды творят стоящие под арками персонажи на оссуариях? Обратимся к Авесте. Один из древнейших ее разделов — Фервардин-Яшт повествует, как семь Амешаспентов осуществляют космическую литургию. Амешаспенты считались воплощением главных стихий и форм Природы. Они создатели, покровители, охранители творений Ахурамазды и каждому как бы подведомственна своя область. В описании ночи грядущего всеобщего воскрешения говорится о том, что в эту ночь Амешаспенты соединятся со своими символами: сам Ахурамазда — со всеми чистыми в своих деяниях и желаниях людьми, Вахуман — с животными, Ашвахист — с огнями, Шахрев — с металлами, Спендармат — с землей, Хардат — с водами, Амурдат — с растениями, потому что все эти творения были чисты и сильны в своей новой сущности. В земном же ритуале Амешаспентов замещают семь священнослужителей, которым присуще единство благих мыслей, слов и деяний и которые творят литургию, как бы воспроизводя действия Амешаспентов. Таким образом, во время празднования Фравартикана — Фервардаджана в священнодействии как бы осуществлялась замена божественных элементов и участников действа земными, когда каждый обряд и каждая принадлежность богослужения приобретала аллегорический смысл, воспроизводя акты будущего великого воскрешения всех умерших. В этих литургических формах ритуал был нерасторжим с древней мифологией.

Нам представляется, что на миankальских оссуариях изображены согдийские священнослужители — жрецы и жрицы, в облике, одеяниях и атрибутах которых воплощены образы согдийской мифологии, связанные с верой в приход усопших душ во время Фервардаджана. Они творят посвятительную литургию, запечатленную на оссуарных рельефах и понятную современникам, значение которой мы пытаемся разгадать.

В заключение — о художественной стороне этих изображений. При единстве основной композиции (фигуры жрецов и жриц под арками) качество матриц, которыми они выполнялись, и соответственно оттисков неоднородно. При всем том миankальские оссуарии, особенно в своих лучших образцах, встают в единый стилистический ряд с произведениями монументального искусства раннесредневекового Согда. Трехчетвертной поворот лиц, сами лица — их овал и черты — сходны со скульптурными образами резного штука, украшающего интерьеры дворца Варахши. Изящные позиции кистей рук с тонким изгибом пальцев напоминают росписи Пенджикента. Фигуры переданы с присущей для согдийского искусства плоскостностью как определенной стилевой чертой.

На миankальских рельефах наглядно виден переход от античных пластических форм к раннесредневековым. В этом отношении особенно красноречиво сопоставление их с оформлением самаркандских оссуариев и вообще с коропластикой Самарканда. Последние относятся к тому же времени, но для них характерны связанные еще с античной традицией налепные головки, выполненные почти в круглом объеме, причем лица их в большинстве очень эмоциональны, передавая то скорбь, то пронзительный «взгляд в пространство». Эти образы еще целиком лежат в русле античных эстетических воззрений. На миankальских же оссуариях, как и в рельефах Варахши, лица бесстрастны и выполнены плоскостно, даже если переданы в трехчетвертном обороте. Средневековое искусство Согда придавало экспрессию лишь ликам демонических существ и крайне редко — персонажам жанровых сцен (например, на тему оплакивания), лица же участников битв, охоты, пиршественных услад не отражают ни чувств, ни переживаний. Тем более бесстрастны лики жрецов и жриц на миankальских оссуариях, совершающих некий торжественный ритуал.

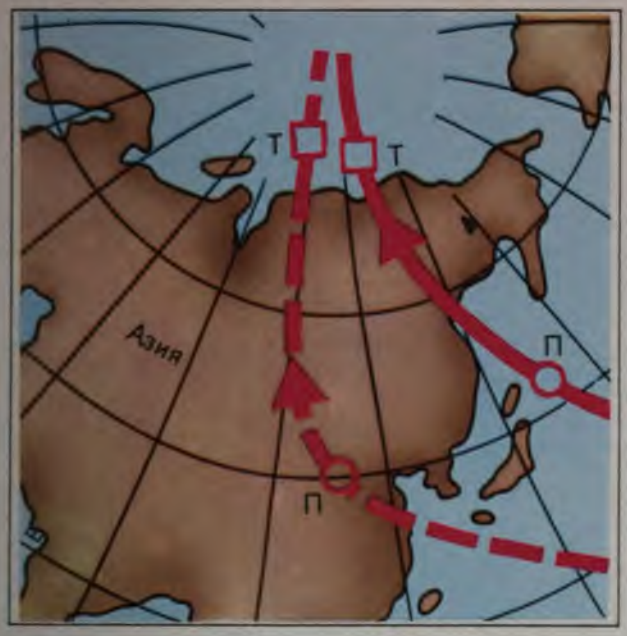
Рельефы миankальских оссуариев целиком отвечают нормам раннесредневекового искусства Средней Азии, в иконографическом же и стилистическом плане они становятся в единый ряд тех прикладных искусств, которыми в этот период славился Согд (художественный металл, узорные ткани), пополняя его еще одним циклом художественных образов и мотивов.

Как видим, миankальские оссуарии вносят значительный вклад в познание верований согдийцев, их культов и обрядов, их мифотворчества и художественной культуры.

ЗЕМЛЯ

Чем больше мы познаем неизменные законы природы, тем все более невероятными становятся для нас чудеса.

Дарвин



С. А. ФЕДОТОВ
Большое трещинное
извержение Толбачика

К. БИРКЕНМАЙЕР
Палеомагнитная
летопись Земли

Е. П. АЛЕШИН
Рис:
обновление
культуры

А. Х. САРКИСОВ
Победа
над трихофитией

Сергей Александрович ФЕДОТОВ (р. 1931) — советский геофизик и вулканолог, профессор, член-корреспондент АН СССР, директор Института вулканологии ДВНЦ АН СССР, руководитель лаборатории сейсмичности тихоокеанского пояса в Институте физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР, президент Международной ассоциации вулканологии и химии недр Земли (МАВХНЗ), главный редактор журнала «Вулканология и сейсмология».

В 1953 окончил геологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова по специальности геофизическая разведка полезных ископаемых. В 1953—1956 — аспирант Института физики Земли. В 1958 защитил кандидатскую, а в 1970 — докторскую диссертации.

В 1957—1970 — начальник Тихоокеанской сейсмической экспедиции, заведующий лабораторией Института физики Земли. В эти годы он проводил сейсмологические исследования на Курильских островах и Камчатке, в ходе которых изучались сейсмичность, глубинное строение Земли, свойства мантии, связь сейсмичности с вулканизмом Курило-Камчатской островной дуги, осуществлялось ее сейсмическое районирование. В 1963—1965 С. А. Федотов предложил эффективную методику долгосрочного сейсмического прогнозирования, которая сейчас широко используется в мире. В 1970 был избран членом - корреспондентом АН СССР и стал директором Института вулканологии ДВНЦ АН СССР.

В 1975—1980 С. А. Федотов — непосредственный участник и научный руководитель исследований на Большом трещинном Толбачинском извержении. С 1974 разрабатывает теорию магматической деятельности под вулканами. В 1975 избран вице-президентом, а в 1979 — президентом МАВХНЗ.

Имеет более 160 научных работ.

Все фотоснимки к статье сделаны автором.

Сергей Александрович ФЕДОТОВ

Большое трещинное извержение Толбачика

Вулканизм — одно из главных явлений в геологической жизни планет земной группы. Это наглядно показали космические исследования последних двух десятилетий. Бурная вулканическая деятельность протекала на Луне в ранние стадии ее развития. Самые большие вулканы из известных до сих пор человечеству находятся на Марсе. В поперечнике они достигают 700 км. Вулканы есть на Меркурии и Венере. Они неистово извергаются на Ио — спутнике Юпитера.

Основная причина вулканической деятельности — дифференциация, разделение вещества в недрах планет в ходе их развития. Более легкое вещество поднимается вверх, и когда его раскаленные массы приближаются к поверхности планеты, происходят вулканические извержения.

Продолжительность и масштабы такой деятельности огромны. Например, на Земле она началась на самых ранних стадиях существования планеты и продолжается до сих пор. Имеются веские доводы в пользу того, что кора, водная оболочка и атмосфера Земли образовались в течение миллиардов лет преимущественно из продуктов вулканической деятельности. В наше время из недр планеты на ее поверхность ежегодно поступает 5—15 км³ магмы, чье твердое вещество слагает новые горные породы и чьи газы пополняют атмосферу. Около четырех пятых магмы изливается на дне океанов в рифтах — расщелинах срединных океанических хребтов. Согласно представлениям тектоники плит базальтовая магма наращивает, «наваривает» здесь края раздвигающихся литосферных плит*.

Итак вулканизм — один из главных процессов, сформировавших нашу среду обитания. В ходе вулканической и последующей поствулканической деятельности возникли многие месторождения полезных ископаемых, в первую очередь рудных. Запасы многих металлов истощаются, и познание закономерностей образования их залежей становится все более и более необходимым. Вулканическое тепло Земли — один из важнейших потенциальных источников столь нужной человечеству энергии.

Сильные извержения вулканов в населенных местностях — страшное бедствие. Так, гигантский взрыв вулкана Санторин в Эгейском море, произошедший примерно за 1500 лет до н. э. и вызвавший огромные разрушения (было выброшено 25 км³ пемз и пепла), вероятно, стал причиной упадка Минойской цивилизации. Более слабый взрыв вулкана Кракатау унес десятки тысяч жизней в Индонезии в 1883 г. Нам необходимо научиться предсказывать извержения и по возможности уменьшать ущерб от них.

Пожалуй, сказанное поясняет значение вулканизма и роль вулканологии. Современная вулканология изучает вулканизм Земли и планет, природу и механизм вулканической деятельности, разнообразные явления, сопровождающие ее, геологию вулканических областей и широкий круг научно-прикладных задач, некоторые из которых были упомянуты выше.

Большие трещинные извержения

С самого зарождения вулканологии стимулом ее развития служили большие вулканические извержения. Так было во времена извержения Везувия и гибели Помпеи в 79 г. н. э., точное описание которого оставил Плиний Младший, так есть и сегодня, в эпоху колоссального роста науки.

При крупных извержениях образуется львиная доля всех вулканических продуктов — лав, шлаков, пеплов и газов.

К наиболее важным, показательным и информативным с научной точки зрения относятся большие трещинные извержения. Во время таких извержений в земной коре образуются протяженные трещины — новые каналы для магмы — и по ним поднимаются к поверхности огромные объемы базальтов — наиболее распространенной вулканической породы.

* Об этом см. статью *К. Биркенмайера* «Палеомагнитная летопись Земли» в этом томе. — *Ред.*

Рис. 2. Эпицентры землетрясений, предварявших извержение (первый рой) — кружки. *1* — вулканы Плоский и Острый Толбачик; *2* — кальдера обрушения Плоского Толбачика; *3* — зона «ареального» вулканизма; *4* — главные конусы извержения 1975—1976 гг. (римские цифры — их номера); *5* — сейсмические станции. Определение глубины очагов имеет разной величины ошибку

процессов и порожденной ими вулканической деятельности здесь очень высока. На глубинах 100—220 км под вулканическим поясом Курило-Камчатской дуги находится огромная область выплавления магм. Ее существование связано с процессами, идущими на границе между Тихоокеанским и Азиатским блоками коры и мантии.

Положение вулканов и расчеты указывают на то, что подъем магм из области их выплавления должен происходить по округлым вертикальным каналам — «магматическим колоннам». Одна из них, вероятно, находится под вулканом Плоский Толбачик и его зонами трещин. Здесь ежегодно поднимается из глубин в среднем $20 \cdot 10^6$ т (или $7 \cdot 10^6$ м^3) базальтовой магмы. Она постепенно накапливается в промежуточных магматических очагах, расположенных в нижних слоях земной коры или в переходном слое между земной корой и мантией. По данным глубинного сейсмического зондирования в районе Ключевской группы вулканов эти слои залегают на глубинах 25—40 км.

Система магматических очагов, располагающаяся под Ключевской группой, проявила себя во время Толбачинского извержения. Оказалось, что в поперечнике область очагов здесь достигает 80 км, а их объем измеряется тысячами кубических километров. Промежуточные очаги были непосредственным источником базальтов Толбачинского извержения. Магма накапливается в очагах под зонами трещин Плоского Толбачика несколько сотен лет, а затем вытекает из них за сравнительно короткие промежутки времени (несколько месяцев или несколько лет) при крупных извержениях. Предыдущее извержение такого типа происходило здесь, по-видимому, в 1740 г. во времена знаменитого исследователя Камчатки С. П. Крашенинникова.

По мере накопления магмы давление в очаге постепенно повышается. Когда избыточное давление достигает нескольких сот атмосфер, в кровле очага возникают трещины и магма начинает быстро внедряться в них. Трещины (в геологии их называют дайками), заполненные магмой, растут вверх. Наступает стадия образования питающих каналов трещинного извержения.

Механика образования и роста трещин, возникающих в горных породах при закачке в них вязкой жидкости, достаточно хорошо изучена в горном деле. «Толщина» дайки зависит от упругих свойств пород и пропорциональна избыточному давлению магмы в трещине. По расчетам и геологическим данным толщина базальтовых даек колеблется в пределах от 0,6 до 6 м (преимущественно от 1 до 2 м).

Температура базальтовых магм — 1100—1300° С; у горных пород, окружающих растущие дайки, она меняется от нескольких сотен градусов в глубине земной коры до температуры воздуха у поверхности. Для того чтобы, поднимаясь с глубины 25—40 км, магма не застыла в тонких дайках, ее течение должно быть достаточно быстрым. Его минимальная скорость, найденная из уравнения теплового баланса, для дайки толщиной 1 м должна быть не менее нескольких сантиметров в секунду. В действительности скорость может достигать 0,5 м/с. В Исландии доводилось наблюдать, как концы трещин базальтовых извержений вспарывают земную поверхность примерно с такой скоростью.

Новые трещины рассекают напряженный массив горных пород, в нем меняется поле напряжений, вокруг растущей дайки происходят сколы, подвижки, порождаются рои землетрясений. Она поднимается вверх как бы в облаке, в ореоле землетрясений. Их рой — главный предвестник трещинных извержений — свидетельствует о том, что начался рост новых даек.

Количество и особенно сила землетрясений в рое дают представление о горизонтальной протяженности новых даек. Ослабление роя говорит о том, что либо дайка останавливается, либо массив пород рассечен до конца, магма близка к поверхности и скоро может начаться извержение.

Течение магмы на малых глубинах часто сопровождается характерной вибрацией — «вулканическим дрожанием». Если оно появилось при спаде роя, то вероятность того, что скоро начнется извержение, значительно повышается.

То, что подготовительный этап трещинного извержения выглядит именно так, выяснилось в полной мере при исследовании Большого трещинного Толбачинского извержения.

Рой предшествовавших ему землетрясений начался 27 июня 1975 г. (рис. 2). Будучи одним из самых сильных в Ключевской группе за 30 лет инструментальных наблюдений и располагаясь под очень активной зоной трещин и полосой моногенных базальтовых конусов, он сразу привлек к себе большое внимание. Глубины очагов землетрясений варьировались от 6 до 30 км и со временем уменьшались. 2 июля было зарегистрировано довольно сильное землетрясение (его магнитуда — 5,5). 3 июля рой стал утихать.

Обстановка была правильно оценена заведующим лабораторией прогноза и механизма извержений Института вулканологии П. И. Токаревым, который опубликовал в газете «Камчатская правда» предупреждение о приближающемся вулканическом извержении в этом районе. Прогноз оказался верным.

Северный прорыв Толбачинского извержения

6 июля 1975 г. в 9 часов 45 минут по местному времени в 18 км юго-западнее вулкана Плоский Толбачик открылась трещина длиной около 600 м, и над ней выросла стена огня. Вскоре она

разбилась на отдельные фонтаны раскаленного пирокластического материала (вулканические бомбы, шлак, пепел), вокруг которых стали быстро образовываться небольшие шлаковые конусы. Через несколько часов осталось только одно жерло — кратер конуса I извержения.

Быстрая замена трещины округлым жерлом — характерное явление. Как уже говорилось, толщина дайки пропорциональна давлению магмы в ней. Однако, когда дайка достигает поверхности и раскрывается, давление в ее верхней части падает до атмосферного. Поэтому она здесь смыкается, а раскаленная струя магматических газов с пирокластикой за несколько часов вырабатывает округлое жерло в средней (по поверхности) части дайки.

Растворенные в базальтовой магме газы выделялись из нее главным образом на глубине менее 2 км, где вспенившаяся в жерле магма превращалась в струю газов и пирокластики.

В начальной стадии извержения расход пирокластики был практически постоянным — примерно 170 т/с. Диаметр жерла конуса I в его верхней части составлял несколько десятков метров. Раскаленная газо-пирокластическая струя вырывалась из жерла со скоростью 200—300 м/с (и более) и образовывала «свечу» высотой до 2 км (рис. 3). Из-за сопротивления воздуха скорость струи падала с высотой, но на высоте 1—2 км начинала вновь возрастать после того, как раскаленный пепел отдавал свое тепло вовлеченному в струю воздуху. Здесь подъем вещества по инерции сменялся подъемом свободно восходящей турбулентной струи, которая, расширяясь, поднималась вверх на 8—9 км, иногда на 12 и более и вытягивалась по ветру на расстояние до 1500 км.

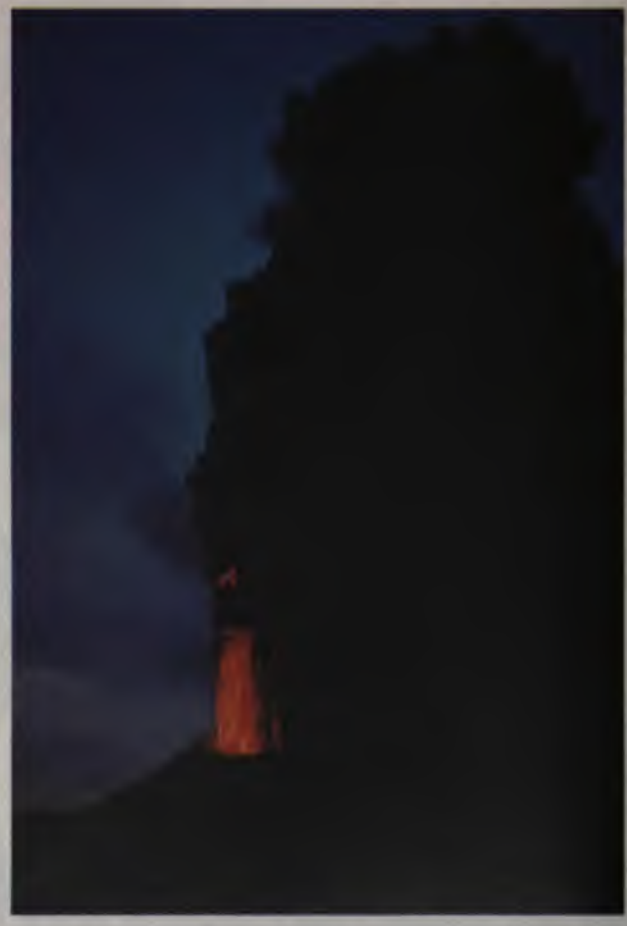
Струя извержения обладала огромной тепловой мощностью: в среднем около 150 млн. кВт, а в отдельные дни и значительно больше. На рис. 4 показана струя в один из тех дней, когда извержение достигло максимальной силы. Высота конуса — около 300 м — определяет масштаб на снимке. Видно, как в турбулентную струю втягивается пыль, поднятая вулканическими бомбами на склоне конуса I.

За первые 22 дня извержения, равномерно увеличиваясь, вырос (насыпался) огромный конус I (впоследствии он был назван вулканом Горшкова в честь блестящего советского вулканолога, долгие годы работавшего на Курильских островах и Камчатке). Однако лава не появлялась.

Геодезические измерения показывали, что местность вокруг конуса повышается. Позднее подъем его основания сменился опусканием. Это произошло, когда, наконец, потекли лавовые реки. Отсюда был сделан вывод, что на небольшой глубине под конусом накапливалась магма, потерявшая часть своих газов через жерло. Спустя три недели после начала извержения накопилось так много дегазированной магмы (эпимагмы), что она стала внедряться в тело конуса I и прилегающие к нему шлаковые конусы прежних извержений, а в кратере конуса I появились лавовые всплески.

Под напором эпимагмы конус дал трещины, и в его склонах появились провалы (рис. 5). Большая трещина (на рис. 5 справа от кратера) рассекла конус от его южного до северного подножия. После этого отсеченная западная часть конуса, расположенная ниже по склону (справа на рис. 5), стала оплывать. Началось разрушение конуса I, которое остановилось только тогда, когда лава стала вытекать из него.

Первый большой лавовый поток появился на



24-й день извержения из Южной бокки* (рис. 6). Его исток находился на склоне соседнего шлакового конуса, который возник при подобном извержении более тысячи лет тому назад. За несколько часов склон был рассечен трещинами. Значительная его часть поднялась на 30 м и сдвинулась на 50 м, после чего возникло небольшое

* Отверстие на склоне или у основания вулкана, откуда вытекает лава.

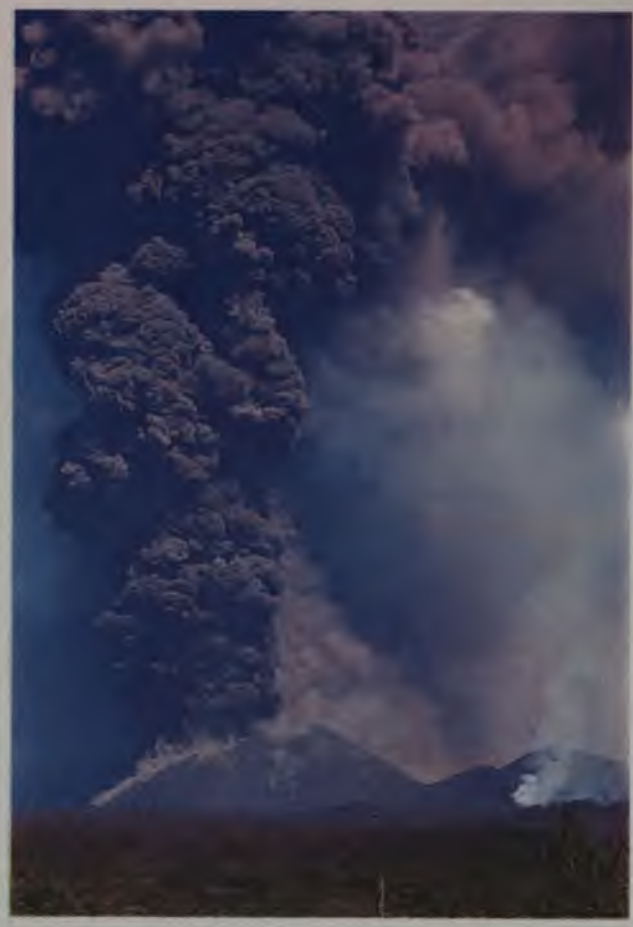
серповидное ущелье, из которого потекла лава.

Через четыре дня с северной стороны конуса I образовался другой исток — Северная бокка (рис. 7).

Базальтовая лава обоих потоков была довольно вязкой (10^6—10^7 П) и текла вниз по склону со скоростью 120—200 м/ч. Температура лавы была 1050—1100°С. Потоки лавы, сжигая лес, неумолимо двигались к главному лагерю экспедиции и через два дня после открытия Южной бокки подошли к нему, преодолев 4 км холмов, распадков и скал (рис. 8).

Рис. 3. Фонтанирующая струя конуса I в первые недели его деятельности (в сумерках и ночью). Высота видимой части раскаленной «свечи» около 800 м

Рис. 4. Турбулентная струя газов и пирокластики конуса I при усилении его деятельности (29 июля 1975 г., 24-й день извержения)



Первые базальтовые лавы Толбачинского извержения были крайне интересны в петрографическом отношении. Они поднялись за 10 дней с глубины более 20 км по новым трещинам-дайкам, не смешиваясь с другими породами на своем пути. Это были «свежие» образцы вещества недр, которые недоступны никакой буровой технике нашего времени. Эти базальты отличались высоким содержанием магния и умеренным содержанием щелочей.

Лавовые потоки конуса I текли 11 дней. Утром 9 августа он утих после 35 дней деятельности. Его высота превышала 300 м, а объем достиг 0,133 км³. В последние дни извержения конус I работал не так ровно: появились длинные паузы, происходили сильные взрывы, а 8 августа он выбросил около 10^7 м³ светлого базальтового пепла иного состава.

Возникает естественный вопрос, почему прекратилось извержение конуса I и случайное ли это явление или закономерное.

Толбачинское извержение продолжалось еще 14 месяцев, так что истощение магматического очага не могло быть причиной остановки. Примечательно, что конус II, возникший рядом с конусом I, действовал почти такое же время — 38 дней и достиг почти тех же размеров. Причина прекращения их работы должна была быть связана с закономерными изменениями питающих их каналов в ходе извержения.

Как уже отмечалось, избыточное давление магмы в очаге сравнительно невелико — несколько сотен атмосфер. Она может подняться по дайке в сжимающих ее породах в несколько

Рис. 5. Трещины и провалы в конусе I (28 июля 1975 г., 23-й день извержения). Он оплывает вправо перед образованием лавовых бокк у его подножия

Рис. 6. Первый лавовый поток конуса I, появившийся из Южной бокки (29 июля 1975 г., 24-й день извержения). Она образовалась на склоне соседнего шлакового конуса, который возник при одном из предыдущих подобных извержений. Ниже справа ее несколько увеличенное изображение

Рис. 7. Лавовый поток конуса I из Северной бокки (ночь 2 августа 1975 г., 28-й день извержения). Она появилась под провалом, который виден на рис. 5. Лава «водопадом» течет из бокки, а затем разливается широким «языком»

Рис. 8. Лавовый поток конуса I на расстоянии 4 км от его истока — Южной бокки (31 июля 1975 г., 26-й день извержения)

раз выше, чем по открытому жерлу. Плотность магмы около 2,5 г/см³, и ее столб высотой порядка 1 км в жерле вулкана оказывается достаточно тяжелой пробкой, способной остановить извержение. Когда жерло доходит до некоторой критической глубины, оно закупоривается и магма должна пробивать новые выводные трещины.

И в самом деле через 12 часов после остановки конуса I в 700 м севернее его центра стала раскрываться новая трещина, длина которой достигла 400 м (рис. 9). Вдоль нее вновь образовалась стена огненных фонтанов, которые вскоре стянулись к центру, после чего стал расти конус II.

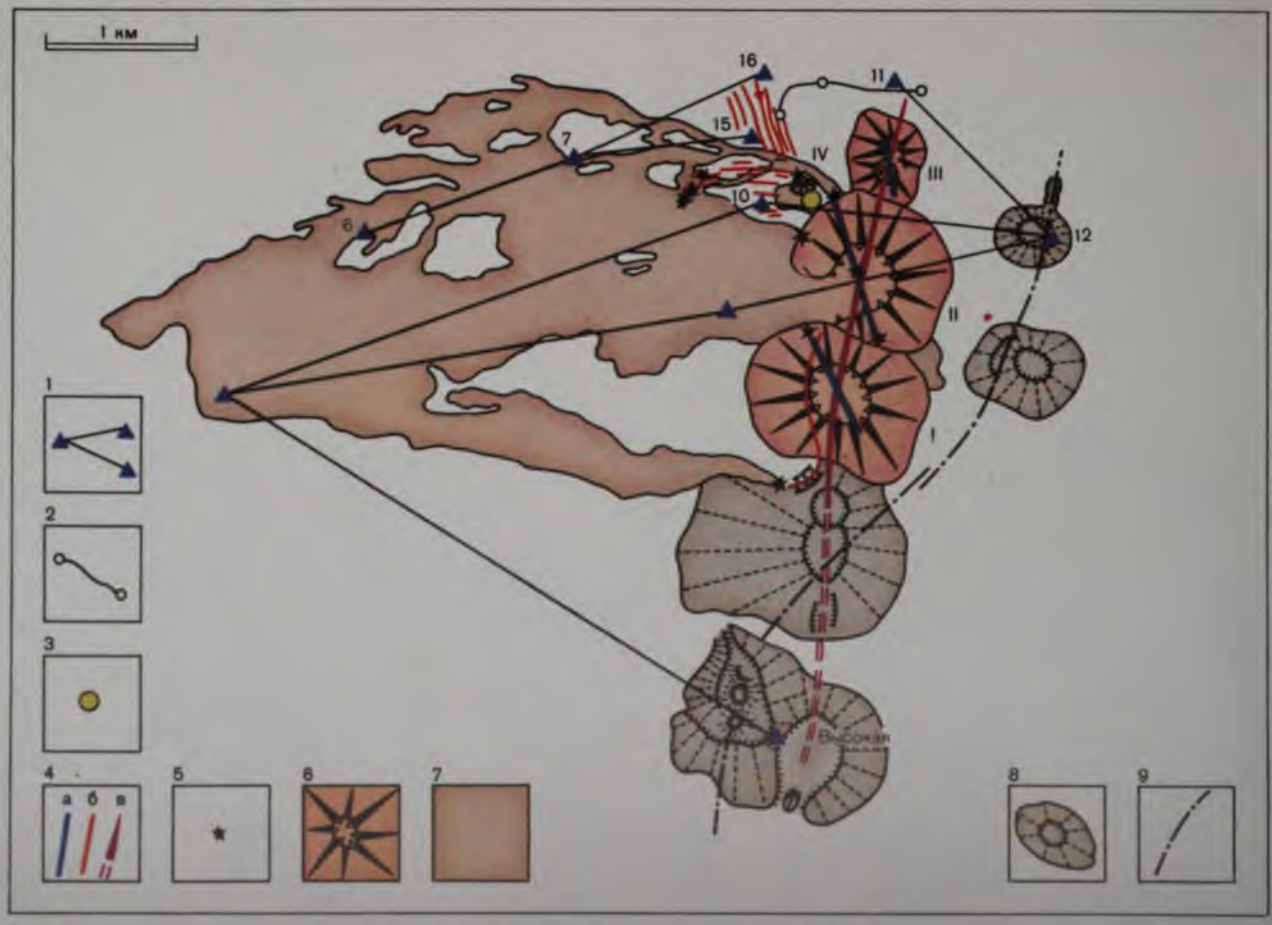
17 августа 1975 г. севернее конуса II подобным образом возник конус III, а 21—22 августа к северо-западу от конуса II образовалась новая система трещин, конус IV и ряд мелких конусов (рис. 9, 10). Позднее геодезические наблюдения показали, что конус III, живший одну неделю, был сателлитом конуса II.

Образованию конусов II и III предшествовали рои землетрясений, сходные с наблюдавшимся перед началом извержения. Они позволили предсказать место и с точностью до дня время образования конуса III. Свидетелями достоверности

Рис. 9. Расположение конусов и лавовых потоков Северного прорыва и схема геодезических наблюдений района. *1* **— линии светодальномерных наблюдений (арабскими цифрами отмечены пункты светодальномерных наблюдений);** *2* **— нивелирный ход;** *3* **— наклономер;** *4* **— образовавшиеся во время извержения трещины, вдоль которых оно проходило (***а***), видимые на поверхности (***б***) и вероятное положение глубокой дайки, питавшей Северный прорыв (***в***);** *5* **— истоки лавовых потоков;** *6* **— шлаковые конусы 1975 г. (римские цифры — их номера);** *7* **— лавовые потоки 1975 г.;** *8* **— шлаковые конусы голоценового возраста;** *9* **— большая трещина голоценового возраста**

Рис. 10. Одна из трещин, связанных с образованием малых конусов Северного прорыва (21—22 августа 1975 г.). Трещина на глубине уже, чем на поверхности, где ее края осыпаются. Видны оголенные ветви погребенных сосен кедрового стланика

Рис. 11. Изменения расстояний (горизонтальные деформации — сжатие и растяжение), связанные с образованием питающих трещин Северного прорыва в июле—августе 1975 г., вдоль светодальномерных линий, отмеченных на рис. 9 арабскими цифрами. Линии 12—10 и 12—11 пересекали трещины. Линии 7—15, 7—16, 7—6 проходили западнее трещин. Отмечены следующие моменты извержения: ЮБ — образование Южной бокки, СБ — образование Северной бокки, ФСБ — фонтанирование Северной бокки, II — образование конуса II, Т-II — раскрытие трещин перед образованием конуса III, III — образование конуса III. Римскими цифрами внизу отмечены периоды деятельности конусов I, II и III



прогноза оказались телекорреспонденты и журналисты ГДР, Польши и Чехословакии, которые приехали в лагерь вулканологов утром 17 августа. Узнав о прогнозе, они прибыли на место, где ожидалось появление нового вулкана, и увидели его рождение вечером того же дня.

При образовании питающих даек конусов II и III удалось выполнить уникальные светодальномерные наблюдения. К 26 июля стало ясно, что извержение имеет трещинную природу, благодаря чему уже за две недели до образования конуса II были начаты измерения расстояний между выбранными точками в районе будущего выхода даек конусов II и III (рис. 9 и 11). Эти точные светодальномерные наблюдения дали много ценных результатов. Оказалось, что основные горизонтальные деформации, вызванные внедрением новых даек, происходят в течение нескольких часов до и после начала извержения. Затем трещины смыкаются, что свидетельствует об упругой природе деформаций. Сжатие пород по обе стороны от трещины показывает, что ее ширина была примерно 1,1 м, а избыточное давление магмы и газов в ней менялось в пределах 100—250 атм.

Инструментально определить давление внедряющейся базальтовой магмы удалось впер-

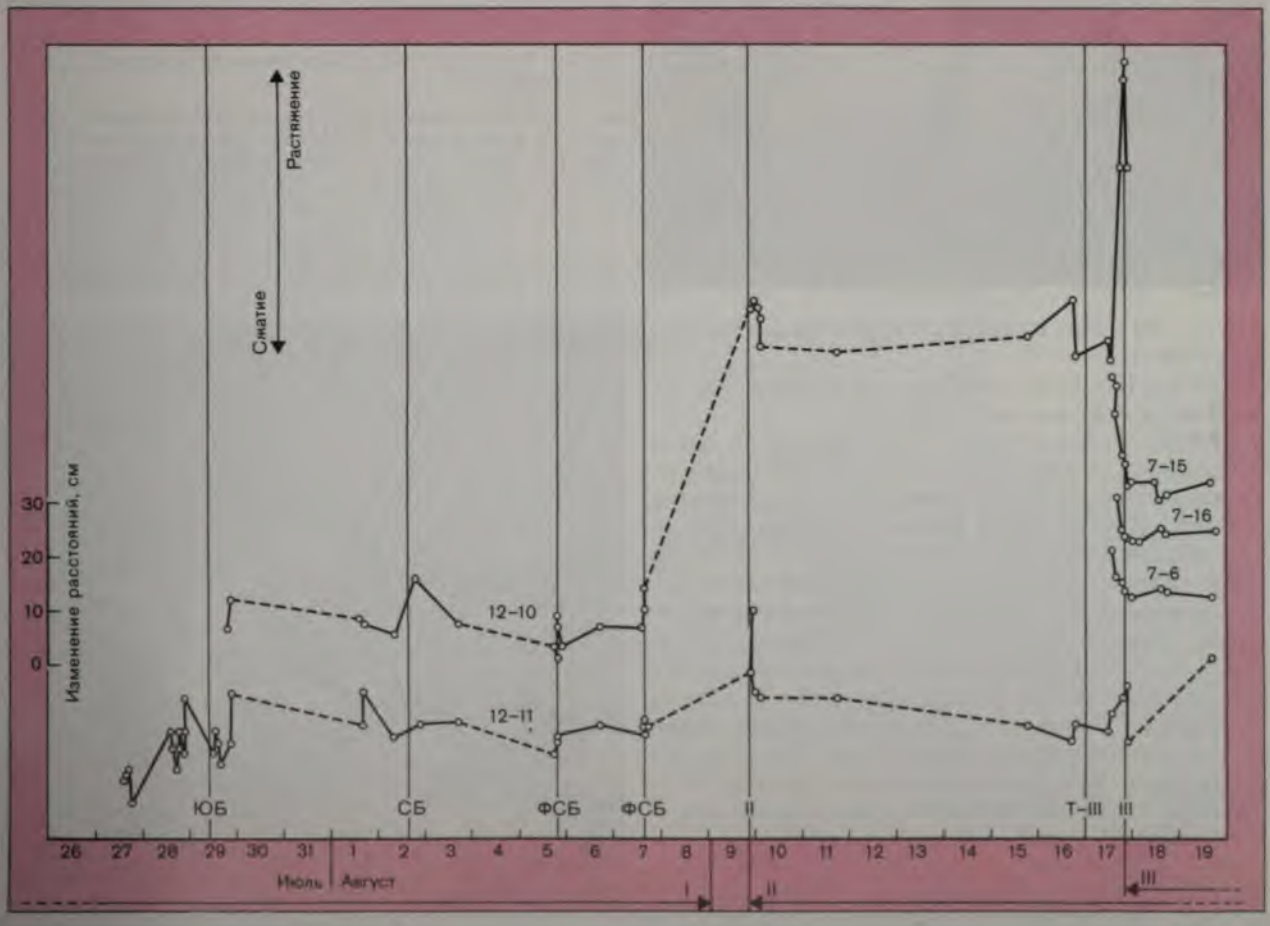


Рис. 12. Взрывная деятельность конуса II через 25 дней после его образования (3 сентября 1975 г., 60-й день извержения). Высота конуса около 300 м. Тепловая мощность струи — 150 млн. кВт. Справа виднеется угасший конус I. На переднем плане засыпанный толстым слоем шлака конус IV, действовавший 21—22 августа

Рис. 13. Овоид. Такие вулканические бомбы образовывались из угловатых обломков в раскаленной пепло-газовой струе конуса II, имевшей скорость порядка 300 м/с (слева — апельсин, «задающий» масштаб)

Рис. 14. Шлакопад конуса II (3 сентября 1975 г.). Вокруг него расстилается мертвая равнина, засыпанная пеплом и мелким шлаком. Расстояние до конуса около 5 км

Рис. 15. Чайка, погибшая под шлакопадом конуса II (3 сентября 1975 г.)

Рис. 16. Лиственницы, пострадавшие от шлакопада (5 сентября 1975 г., 62-й день извержения). Действует конус II. Его заслоняет конус I; на его склонах видны следы грязевых потоков (стекавшего «белого пепла», намокшего после дождей). Расстояние до конуса I — около 2,5 км

Рис. 17 (с. 108—109). Ворота кратера конуса II (4 сентября 1975 г., 61-й день извержения, 27-й день работы конуса II)

вые — это очень важный с точки зрения геодинамики результат.

Конус II действовал столь же бурно и рос так же быстро, как и конус I (рис. 12).

Среди вулканических бомб конуса II часто встречались овоиды (рис. 13) с поперечными размерами от нескольких сантиметров до полуметра и более. Внутри таких бомб находились угловатые обломки различных пород. Иногда это были очень мягкие вулканогенно-осадочные породы с ископаемыми раковинами или отпечатками листьев раннечетвертичных ив. Обломки были покрыты несколькими слоями мелких спекшихся базальтовых частиц, придававшими бомбе округлую форму. Овоиды образуются в раскаленной пепло-газовой струе извержения из обломков, на поверхность которых навариваются раскаленные частицы базальта. Появление таких бомб свидетельствовало о том, что скорость струи, вырывавшейся из кратера конуса II, достигала сотен метров в секунду. Обнаружение овоидов на неко-

Рис. 5. Трещины и провалы в конусе I (28 июля 1975 г., 23-й день извержения). Он оплывает вправо перед образованием лавовых бокк у его подножия

Рис. 6. Первый лавовый поток конуса I, появившийся из Южной бокки (29 июля 1975 г., 24-й день извержения). Она образовалась на склоне соседнего шлакового конуса, который возник при одном из предыдущих подобных извержений. Ниже справа ее несколько увеличенное изображение

Рис. 7. Лавовый поток конуса I из Северной бокки (ночь 2 августа 1975 г., 28-й день извержения). Она появилась под провалом, который виден на рис. 5. Лава «водопадом» течет из бокки, а затем разливается широким «языком»

Рис. 8. Лавовый поток конуса I на расстоянии 4 км от его истока — Южной бокки (31 июля 1975 г., 26-й день извержения)

Рис. 18. Внешний осыпающийся борт лавового потока конуса II на расстоянии 4 км от кратера (31 августа 1975 г., 57-й день извержения, 23-й день работы конуса II). Высота борта — около 50 м. Вдали — фонтанирующая струя конуса II

торых соседних конусах прежних извержений указывает на то, что они действовали подобно конусам I и II Толбачинского извержения.

Вулканические бомбы и крупные куски вулканического шлака падали преимущественно на склоны конуса и наращивали их. За пределами конусов Новых Толбачинских вулканов выпадали мелкие камешки-лапилли, вулканические гравий, песок и пепел. Песок уносился на расстояние до 20 км от кратеров, пепел — еще дальше. Вокруг конусов I, II и III выпало 0,68 км³ шлаков и пепла.

На расстоянии до 100 км растительность была покрыта слоем пепла (для многих видов растений — ядовитого). Ближе к конусам под вулканическими шлаками и пеплом были погребены оленьи пастбища и заросли кедрового стланика, погибли мелкие животные и птицы, деревья лишились листьев, ветвей и коры (рис. 14—16). Во все стороны от конусов на расстоянии в несколько километров перелески превратились в каменную пустыню, черная поверхность которой напоминала лунный ландшафт.

Конус II со дня своего образования изливал лаву. Главный ее поток устремился на запад и вынес стенку кратера, образовав его ворота. Из-за этого кратер приобрел форму подковы, что видно на рис. 9.

На поверхность потока в кратере и в воротах падал раскаленный пирокластический материал (рис. 17), а несколько дальше от кратера — остывший шлак, который образовывал временами плотное покрытие, позволявшее пересечь лавовую реку. Ширина главного потока конуса II превышала местами 1 км, длина достигла 5 км, а толщина — 80—90 м (рис. 18). Он был вязким и скорость его продвижения доходила всего до нескольких десятков метров в сутки.

Через два месяца после начала извержения образовался ряд Новых Толбачинских вулканов (рис. 19).

В последнюю неделю извержения конуса II его деятельность стала меняться. Фонтанирование сменяли длинные паузы, жерло прочищалось взрывами, грохот которых напоминал выстрелы гигантского орудия. Временами усиливался опасный тяжелый шлакопад (рис. 20). Видимо, глубина жерла конуса II также становилась критической, и оно вскоре должно было закупориться столбом лавы и обломков пород.

Однако главная перемена касалась состава базальтов. 7—8 сентября у подножия конуса открылось пять небольших бокк, лава которых была значительно более жидкой, чем прежде в главном потоке. 11 сентября образовались новые бокки, и из них полились стремительные базальтовые реки, каких еще не было в Северном прорыве. Это было поразительно красивое зрелище (рис. 21). Широкие лавовые потоки глубиной всего в 1 м потекли по пологим склонам Толбачинского дола со скоростью 1 км/ч. Новая лава заполнила русло прежнего главного потока и глубоко прорезала его. Деятельность конуса II закончилась 15 сентября 1975 г.

I, II, III, IV и малые конусы действовали 72 дня. Конусы I и II были очень крупными для моногенных базальтовых вулканов. Их высота в конце извержения соответственно — 310 и 290 м (впоследствии они уменьшились примерно на 10 м вследствие оседания). Общий объем конусов I, II и III — 0,26 км³. Объем их лавовых потоков — 0,32 км³, а объем шлака и пепла, отложенных за пределами конусов, — 0,68 км³. Таким образом, общий объем продуктов извержения достиг 1,26 км³.

Позже эта группа конусов была названа Северным прорывом. Его деятельность сама по себе была бы одним из крупнейших вулканических извержений XX в. Однако она оказалась только первой стадией Большого трещинного Толбачинского извержения. Важные события развивались к северу и югу от Северного прорыва.

СТО ЛЕТ НАЗАД

РОССИЯ. *Прошло время, когда водопадами только любовались туристы — теперь техники заставляют их служить другую службу. Могучие реки, катившие доселе свои воды, не давая человеку почти ничего из запаса своих сил, призваны к ответу. Уже не только ничтожная речонка, преграждённая жалкой плотиной, будет служить нам, а в скором будущем и Волга-матушка и батько-Днепр будут вращать колеса фабрик и производить работу, которую до сих пор мы получали, истребляя леса, — эти настоящие кормильцы рек и ручьев.*

«Техник»

Образование новой вершинной кальдеры на вулкане Плоский Толбачик

В 18 км северо-восточнее Северного прорыва в августе-сентябре 1975 г. произошло обрушение вершинного кратера вулкана Плоский Толбачик (см. рис. 1).

До извержения на вершине Плоского Толбачика на высоте 3 км находилась неглубокая кальдера* диаметром 3,8 км. В ее юго-западной части

* Циркообразная впадина диаметром более 1 км, которая образуется при взрыве вулкана или его провале в собственный магматический очаг, опустевший вследствие извержения.

Рис. 19. Ряд больших конусов Северного прорыва Толбачинского извержения через два месяца после его начала (3 сентября 1975 г., 60-й день извержения). Справа налево — конусы I, II и III; их высоты соответственно — 310, 270 и 120 м (над поверхностью до извержения). Действует конус II. Правее него — борт лавового потока и дымка газов над его руслом. На переднем плане — погибшие заросли кедрового стланика

Рис. 20. Усиленный шлакопад конуса II в последние дни его деятельности (10 сентября 1975 г., 67-й день извержения, 33-й день работы конуса II)

Рис. 21. Появление жидких базальтовых лав другого состава из бокк конуса II (11 сентября 1975 г., 68-й день извержения, 34-й день работы конуса II)

располагался колодцеобразный кратер диаметром 380 м и глубиной 170 м, характерный для базальтовых вулканов гавайского типа. Иногда на его дне появлялось лавовое озеро. 28 июня во время роя землетрясений, предшествовавших Толбачинскому извержению, а также позднее в переломные моменты работы Северного прорыва и вплоть до образования конуса III 17 августа, в колодцеобразном кратере происходили выбросы пепла. В конце июля его дно покрылось трещинами. Затем постепенно произошло огромное обрушение. В сентябре вместо прежнего кратера появилась новая вершинная кальдера диаметром 1700 м, глубиной 400—500 м и объемом 0,35 км³.

В провал обрушилось много льда, после таяния которого образовалось озеро (рис. 22). На дне и в стенках кальдеры было много фумарол (выходов газа и пара). Иногда происходили слабые паровые взрывы, однако заметных извержений в новой кальдере не наблюдалось.

По всей вероятности, обрушение кратера Плоского Толбачика произошло из-за оттока магмы в систему очагов и каналов, которая сообщалась с питающими очагами и трещинами Северного прорыва, расположенного на 2 км ниже вершины вулкана.

Перетекание базальтов из вершинной кальдеры вниз вдоль зоны радиальных трещин — распространенное явление. Достоверно установить, произошел ли отток примерно 0,25 км³ базальтов из-под вершины Плоского Толбачика по трещинам в сторону Северного прорыва или по питающему каналу этого вулкана вглубь, нам не удалось. Однако в любом случае явная взаимозависимость событий, происходивших на Северном прорыве и на вершине вулкана, была очень интересной. Она показала возможность гидравлической связи магматического очага, находящегося под вершиной Плоского Толбачика, с конусами Северного прорыва через промежуточные очаги, лежащие на глубинах 25—40 км.

Рис. 22. Вершинная кальдера, возникшая на вулкане Плоский Толбачик вместо прежнего колодцеобразного кратера. На ее дне видны фумаролы и озеро, которое появилось после таяния льда

Южный прорыв. Остановка извержения

После окончания деятельности Северного прорыва усилился четвертый рой землетрясений, который начался еще 1 сентября 1975 г.

Рис. 23. Слабая взрывная деятельность конуса Южного прорыва (11 ноября 1975 г., 129-й день извержения). Высота конуса — 120 м. Справа от него — широко растекшиеся лавовые потоки

Рис. 24. Всплески лавы в кратере конуса Южного прорыва «стромболианская» деятельность): высота выброса — 100—200 м (12 ноября 1975 г., 130-й день извержения)

Рис. 25. Конус Южного прорыва в день годовщины Толбачинского извержения 6 июля 1976 г. Высота конуса — 160 м. Вокруг него — лавовые потоки. Справа — пирокластические холмы, образованные из материала конуса и движущиеся вправо вниз со скоростью около 1 см/ч. На переднем плане — «старая» лава, присыпанная пеплом

16—17 сентября землетрясения сосредоточились на глубинах до 5 км на участке, находящемся в 10 км южнее Северного прорыва, показывая, что здесь, вероятно, идет образование новых даек. 17 сентября рой стал стихать, а 18 сентября вулканологи четвертый раз убедились в правдивости сейсмических предвестников: возле центра роя началось извержение из новой трещины (см. рис. 1). Ее длина была около 600 м. Вдоль нее выросла цепочка маленьких шлаковых конусов, которые за несколько дней слились в один конус.

Началась самая длительная стадия Толбачинского извержения, названная Южным прорывом и продолжавшаяся 450 дней.

В первые дни извергавшиеся базальты имели именно тот состав, который был у самых последних лав Северного прорыва. Это свидетельствовало о том, что базальты поступили из питающих каналов Северного прорыва. Расположение эпицентров и очагов четвертого роя землетрясений указывало на то, что магма от Северного прорыва к Южному перетекала на глубинах не более 5 км. Южный прорыв находится на 700 м ниже Северного, что способствовало перемещению базальтов.

Базальты Южного прорыва содержали меньше магния, больше щелочей и алюминия, чем основная часть базальтов Северного и, главное, имели в 100 раз меньшую вязкость (10^4—10^5 П). Средний расход магмы (ее плотность — 2,8 г/см³) снизился со 110 м³/с в Северном прорыве до 20 м³/с в Южном. Эти различия определили совершенно иной характер извержения в Южном прорыве.

В кратере сравнительно небольшого шлакового конуса происходило 5—15 взрывов или лавовых всплесков в минуту с высотой выброса около 200 м (рис. 23, 24). Такая активность называется «стромболианской» по имени вулкана Стромболи (остров Стромболи, недалеко от Сицилии), для которого она типична.

Шлаковый конус скоро достиг своей предельной высоты — 160 м. Его объем был невелик — 0,012 км³. Скрытые лавовые потоки, выходившие из-под конуса, оттаскивали вниз под уклон местности большие блоки и целые его сегменты, образуя своеобразные пирокластические холмы (рис. 25). У подножия конуса, в основном на обрывах пирокластических холмов, возникали истоки быстрых лавовых рек (рис. 26, 27), исчислявшихся десятками. Скорость течения лавы в них часто достигала 0,5 м/с, а на перекатах и 2 м/с.

На Южном прорыве сотни раз образовывались лавовые трубы. Они характерны для базальтовых рек. Быстрый базальтовый поток плавит и

Рис. 26. Исток лавовой реки в пирокластических холмах возле конуса Южного прорыва (9 июля 1976 г., 370-й день извержения). В истоке происходят слабые взрывы, подбрасывающие комки лавы на 10—15 м

Рис. 27. Базальтовая лавовая река, вытекающая из склона конуса Южного прорыва (2 августа 1976 г., 394-й день извержения)

Рис. 28. Лавовая река, уходящая в лавовую трубу (23 октября 1976 г., 476-й день извержения). Скорость течения лавы около 1 м/с. Ширина потока около 5 м. Дымка — вулканические газы

Рис. 29. Появление вторичных лавовых рек (всего их было 13) из вздутия, возникшего в лавовом покрове Южного прорыва (9 июля 1976 г., 370-й день извержения). Позже кровля вздутия осела

Рис. 30. Поверхность жидких лавовых потоков возле конуса Южного прорыва (31 августа 1976 г., 423-й день извержения)

размывает свое ложе; он углубляет свое русло на метры за день. Сверху же образуется корка из застывшей лавы, и лавовая река уходит в трубу, тоннель (рис. 28). Потери тепла при этом резко уменьшаются, а лава течет по тоннелю многие километры, почти не остывая. Затем она может снова вынырнуть, появиться на поверхности растущего лавового поля или покрова. Нередко так происходит, когда труба обрушивается или закупоривается иным способом. Накапливающаяся лава поднимает кровлю, на поверхности покрова, сложенного напластованиями застывшей лавы, появляется вздутие, при прорыве которого возникают вторичные лавовые потоки (рис. 29).

Лавовые потоки широко растекались от конуса Южного прорыва по пологой местности. Они покрыли 36 км². Здесь наблюдалось все многообразие базальтовых лавовых потоков — от стекловатых канатных возле конуса до глыбовых на краях лавового покрова (рис. 30, 31).

Средняя толщина лавового покрова Южного прорыва достигла 30 м, а его объем — 0,97 км³.

Рис. 31. Глыбовые лавы на краю лавового покрова Южного прорыва в 9 км от его конуса

Рис. 32. Конец извержения Южного прорыва. Конус обрушился; лава, выжатая из-под конуса, образовала свод у его подножия (на переднем плане)

Рис. 33. Поствулканические процессы на конусе I (июль 1977 г.) и конусе II (апрель 1976 г.) Северного прорыва — обильное образование возгонов на их гребнях

Примечательно, что примерно половина базальтов внедрилась в лавовый покров, не показываясь на его поверхности. Столь большие размеры «скрытого стока» были неожиданностью.

Сила извержения Южного прорыва постепенно убывала к концу 1976 г. В начале декабря его конус стал обрушиваться, базальты, выжатые из-под него, образовали свод у его подножия (рис. 32). 10 декабря 1976 г. извержение прекратилось.

Сразу после остановки извержения возобновились землетрясения. В течение 20 дней они перемещались вдоль линии Толбачинского извержения то на юг (на 15—20 км), то в обратном направлении, но магма так и не смогла снова пробиться на поверхность.

Последующие исследования механизма внедрения даек и трещинных извержений показали, что появление жидких базальтов и длительное сравнительно вялое течение извержения в Южном прорыве были закономерными.

Если магматический очаг перед извержением находился под определенным избыточным давлением, а сопротивление выводного канала течению магмы остается постоянным в ходе извержения, то расход магмы со временем довольно быстро убывает по экспоненциальному закону. Однако давление магмы и скорость ее течения по каналу падают пропорционально ее расходу. В свою очередь, толщина питающей дайки пропорциональна давлению, а расход магмы в дайке очень сильно зависит от ее толщины. В итоге, если считать вязкость магмы неизменной, то расход последней оказывается пропорциональным четвертой степени давления. В этом случае небольшое его снижение в очаге и соответствующее уменьшение толщины питающей дайки должны быстро останавливать извержение.

Длительная «разгрузка» магматического очага по экспоненциальному закону возможна при двух условиях: во-первых, если начальная питающая дайка в ходе извержения заменяется округлым каналом (диаметр канала уже практически не зависит от давления) и, во-вторых, если вязкость магмы уменьшается по ходу извержения хотя бы пропорционально кубу давления. Уменьшение вязкости магмы в Южном прорыве по сравнению с Северным и замена питающей трещины жерлом (и, вероятно, круглым каналом на глубине) позволили Толбачинскому извержению длиться 524 дня.

Расчеты показывают, что главной причиной остановки извержения было падение избыточного давления в магматическом очаге, а не застывание канала, по которому поступала магма. В ходе извержения давление снизилось со 100—250 до 10 атм или до еще меньшего значения. Если бы Большое трещинное Толбачинское извержение продлилось еще около 200 дней, то теоретически расход магмы в его канале мог бы снизиться до 0,2—0,3 $м^3/с$ и стал бы равен ее притоку из мантии в промежуточный очаг на глубине 25—40 км. В этом случае на месте Южного прорыва стал бы постепенно расти новый постоянно действующий базальтовый щитовой вулкан. Этого не случилось. Тем не менее размах и геологические последствия извержения были огромными.

Активная область Большого трещинного Толбачинского извержения протянулась на 28 км от Плоского Толбачика до конуса Южного прорыва. Вдоль нее выросла цепь крупных шлаковых конусов — Новые Толбачинские вулканы. Вокруг Южного прорыва образовался базальтовый лавовый покров. Лавы залили площадь около 45 $км^2$. Общий объем изверженных лав, шлаков и пепла достиг 2,3 $км^3$. В атмосферу было выброшено около 10^8 т вулканических газов.

После окончания последнего роя землетрясений в районе извержения началась поствулканическая деятельность. На крупных конусах интенсивно образуются возгоны — различные минералы, вынесенные в газообразном состоянии из трещин или лавового потока, либо возникшие в результате взаимодействия вулканических газов между собой или со шлаками (рис. 33). Идет оседание конуса и опускание местности вокруг них. Эти процессы будут продолжаться десятилетия.

Как мы уже говорили, Большое трещинное Толбачинское извержение стало одним из трех наиболее изученных крупных извержений. Оно дало возможность исследовать ряд особенностей и черт, присущих базальтовому вулканизму. Впервые удалось много узнать о механизме сложного большого извержения. Эти сведения помогут более детально изучить природу вулканических явлений. Извержения, подобные Толбачинскому, бывают не каждое столетие. Фактические данные, накопленные в ходе обширных наблюдений Большого трещинного Толбачинского извержения, послужат поколениям.

В заключение автор вновь выражает благодарность и признательность участникам Толбачинской экспедиции.

Кшиштоф БИРКЕНМАЙЕР (Birkenmajer) (р. 1929) — польский геолог, профессор Института геологических наук Польской Академии наук (Краков).

В 1950 получил диплом магистра геологии в Ягеллонском (Краковском) университете; в 1954 закончил Горно-металлургическую академию. В 1957 защитил докторскую диссертацию в Варшавском университете.

В 1949—1954 работал ассистентом и преподавателем в Ягеллонском университете и Горно-металлургической академии. С 1954 — сотрудник Польской Академии наук (ПАН).

С 1959 — доцент, с 1967 — экстраординарный и с 1973 — ординарный профессор.

В 1969—1971 — стипендиат норвежского правительства в Осло, в 1975—1976 — профессор геологии в Копенгагенском университете. Читал лекции в университетах Великобритании, Дании, Норвегии, США, ФРГ, Швейцарии и других стран.

В 1956—1979 принимал участие в 13 научных полярных экспедициях (в некоторых — в качестве руководителя) на Шпицбергене, в Гренландии и Антарктиде.

К. Биркенмайер занимался исследованиями по региональной геологии, стратиграфии, тектонике и седиментологии Пенин, Шпицбергена, Гренландии и Антарктики, а также по палеомагнетизму. Первым из польских ученых начал проводить палеомагнитные исследования вначале совместно с профессором А. Нейрном (*A. Nairn*) из Ньюкасла-эпон-Тайн (Великобритания), работающим ныне в США; а затем в сотрудничестве с группой специалистов из Института геофизики ПАН (в Нижней Силезии и на Шпицбергене).

К. Биркенмайер — член многих польских и зарубежных научных обществ. Он удостоен ряда научных премий ПАН; имеет правительственные награды.

Кшиштоф БИРКЕНМАЙЕР

Палеомагнитная летопись Земли

Земля как магнит

Об особых свойствах железной руды, названной впоследствии магнетитом, знали в Китае еще в древности. Первый компас, изобретенный там, по-видимому, во II в. до н. э., состоял из намагниченного стерженька в форме ложечки, вращавшегося на полированной опоре. В Европе с компасом познакомились лишь в XII в., а спустя сто лет стало известно, что железная игла, если ее потереть магнетитом, указывает одним концом на Полярную звезду. Почему так происходит, долгое время оставалось неясным. Причину усматривали в особой силе, сообщаемой магнетиту Полярной звездой. Высказывалось также предположение, что в окрестности Северного полюса Земли находятся обширные залежи магнитной руды, которые и вызывают отклонение стрелки компаса.

Понятия магнитная полярность, силовые линии встречаются впервые в Европе в знаменитом трактате Петра Перегрина (Пьера из Марикура) «Послание о магните» (1269 г.), на протяжении нескольких веков имевшем хождение без указания автора. Исследуя шаровидные куски магнетита, Перегрин открыл биполярный характер магнита; он утверждал, что магнитная сила достигает наибольшей величины на полюсах, где она перпендикулярна поверхности шара. Он также обнаружил различный характер полюсов и установил, что одинаковые полюсы отталкиваются, а неодинаковые — притягиваются.

То, что магнитный* и географический меридианы образуют угол (его называют магнитным склонением), понимали в Китае еще в VIII в., однако это открытие так же, как и изобретение компаса, до Европы не дошло и было сделано заново лишь в конце XV в. Должным образом оценить компас как навигационный прибор смогли только в эпоху Великих географических открытий, начало которой было положено путешествиями Христофора Колумба.

О существовании угла наклона силовой линии геомагнитного поля к поверхности Земли (этот угол называют магнитным наклонением) стало известно в Европе во второй половине XVI в., а в 1600 г. вышел в свет трактат Уильяма Гильберта «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле», в котором впервые было сформулировано предположение о том, что «земной шар сам по себе представляет гигантский магнит», и утверждалось, что магнитное поле в принципе биполярно.

Итак, стрелка компаса устанавливается вдоль силовой линии геомагнитного поля, одним из своих концов указывая на Северный магнитный полюс (рис. 1). В современную эпоху этот полюс находится в северной Канаде, на сравнительно большом расстоянии от Северного географического полюса (точки пересечения оси вращения Земли с земной поверхностью). Положение Северного магнитного полюса подвержено непрестанным медленным изменениям, однако, как известно из палеомагнитных исследований (см. ниже), за последние несколько тысячелетий оно в среднем оставалось прежним по отношению к географическому полюсу. Аналогично меняется положение и Южного магнитного полюса относительно Южного географического.

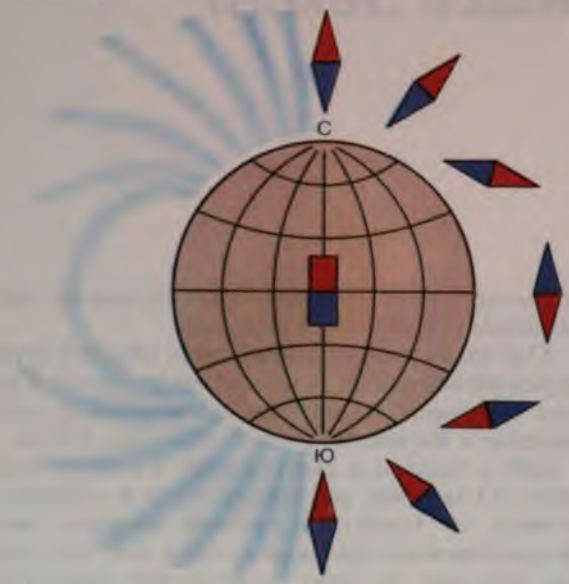
Магнитные полюсы — это такие места на поверхности Земли, где магнитное наклонение равно 90°; соответственно магнитный экватор — линия, где оно равно 0° (рис. 2). Линии равного магнитного наклонения и магнитные меридианы не образуют такой правильной сетки, как географические меридианы и параллели из-за неоднородности внутренних слоев Земли (ее коры и мантии). Отсюда необходимость введения такого понятия, как геомагнитные полюсы.

Землю можно представить в виде гигантского магнита с двумя полюсами (диполь), ось которого в настоящее время составляет с осью враще-

* *Магнитный меридиан* — проекция силовой линии геомагнитного поля на поверхность Земли. — *Ред.*

Рис. 1. Зависимость магнитного наклонения от географической широты (современная эпоха). Геомагнитное поле представлено как поле двухполюсного магнита, расположенного в центре Земли вдоль оси ее вращения

Рис. 2. Магнитные, геомагнитные и географические полюсы и экваторы (*W. M. McElhinny*, 1973 г.). *J* — магнитное наклонение



ния Земли угол 11°30′. Точки, в которых ось диполя пересекает поверхность земного шара, называют геомагнитными полюсами, Северным и Южным. Северный находится в северо-западной Гренландии (78°30′ с. ш., 70° з. д.), Южный — в Антарктиде (78°30′ ю. ш., 110° в. д.). Геомагнитный экватор — это окружность на поверхности Земли, находящаяся на одинаковом расстоянии от обоих геомагнитных полюсов (см. рис. 2).

Изучение внутреннего строения Земли, опирающееся на анализ распространения сейсмических волн, показало, что внешняя оболочка нашей планеты толщиной около 2900 км ведет себя, вообще говоря, как твердое тело, а ядро по своим свойствам приближается к жидкости. Принято считать, что это ядро, в котором давление и температура очень высоки, состоит главным образом из хорошо проводящих электрический ток железа и никеля. Поэтому перемещение вещества в ядре может приводить к возникновению и поддержанию магнитного поля Земли.

Широко обсуждаемые в настоящее время модели магнитного поля представляют собой дальнейшее развитие теории самовозбуждающейся электрической машины (динамо). Согласно этой теории, предложенной английским физиком Дж. Лармором в 1919 г. для объяснения магнитного поля Солнца, а затем использовавшейся для модели магнитного поля Земли, тепловые (конвективные) потоки в ядре формируются под действием силы Кориолиса, порождаемой вращением Земли, и приводят к возникновению направленного поля, связанного с осью вращения Земли. В модифицированных вариантах этой теории предпринимались попытки объяснить существующее отклонение оси геомагнитного диполя от оси вращения Земли асимметричным движением масс в ядре Земли. Однако перемещение геомагнитных полюсов в сторону географических, наоборот, свидетельствует о высокой симметрии движения масс в ядре; она, в свою очередь, может приводить к уменьшению поля и даже изменению его направления на обратное. И действительно, как показывают палеомагнитные исследования пород, принадлежащих различным геологическим эпохам, а также эксперименты, проведенные при построении новых моделей земного динамо, инверсия полюсов неоднократно происходила в геологическом прошлом Земли.

Магнетизм и палеомагнетизм минералов и пород

Уже давно известны минералы (так называемые ферромагнетики), принадлежащие в основном к группе окислов железа и титана (например, магнетит, гематит, титаномагнетиты и титаногематиты) и обладающие вследствие особой атомно-кристаллической структуры сильными магнитными свойствами. Хотя ферромагнетики обычно встречаются в виде небольших вкраплений в породах, намагниченность последних все-таки удается исследовать с помощью высокочувствительных магнитометров. Сбором и обработкой данных о намагниченности пород (о ее характере, величине и направлении) и занимаются специалисты по палеомагнетизму.

Породы обретают магнитные свойства в процессе формирования. В случае магматических пород (например, базальтов), которые образуются при затвердевании ненамагниченной горячей лавы, изливающейся из вулкана или застывающей на определенной глубине под поверхностью, магнитные свойства у ферромагнетиков появляются лишь при их охлаждении ниже температуры (или точки) Кюри. Это — естественная остаточная термонамагниченность. Каждый материал имеет свою температуру Кюри; для большинства ферромагнетиков она заключена в интервале от 300 до 600°С. Они сильно намагничиваются в том геомагнитном поле, которое существует во время застывания лавы. Таким образом их первичная (или остаточная) намагниченность выступает в роли нестираемой на протяжении сотен, тысяч и миллионов лет, «замороженной» записи соответствующего поля. Запись эта весьма устойчива: она сохраняет его направление независимо от последующих изменений магнитного поля Земли. Отметим, что впервые остаточная намагниченность была замечена в лаве вулкана Этна в середине XIX в.

Под воздействием вод, ледников, ветра и т. д. ферромагнитные минералы могут освобождаться из магматических пород и образовывать вторичные залежи. В виде маленьких постоянных магнитиков такие минералы внедряются в илистый или песчаный осадок, стремясь принять положение, соответствующее направлению геомагнитного поля. Упорядочение этих магнитиков никогда не бывает столь высоким, как в застывшей лаве. Они распределяются по всей массе осадка, что приводит к его слабой намагниченности. Со временем рыхлый осадок теряет часть воды и под действием давления со стороны вышележащих слоев, уплотняясь и цементируясь, превращается в сланец или песчаник. Железистые минералы, оседая в связующую породу из воды, циркулирующей под поверхностью Земли, могут подвергнуться намагничиванию уже в измененном магнитном поле, поскольку процесс цементации длится долго. Наилучшие условия для консервации ферромагнетиков в осадочных породах возникают там, где в породе содержится много соединений железа. Однако остаточная намагниченность осадочных пород, как правило, примерно в сто раз слабее, чем у магматических.

При сборе образцов породы, естественную остаточную намагниченность которой требуется исследовать, прежде всего надо определить и зафиксировать их ориентацию на географический Север. В случае складчатых пород необходимо дополнительно реконструировать прежнее положение изучаемого пласта, т. е. определить, как он располагался до того, как подвергся деформации. В лаборатории из образцов вырезают небольшие цилиндры или кубики, на которые переносится зафиксированная ориентация. Остаточную намагниченность исследуют с помощью различного рода магнитометров с высокой чувствительностью, и определяют склонение и наклонение палеомагнитного поля. При первичной обработке обычно наблюдается некоторый (иногда довольно значительный) разброс результатов — следствие вторичной намагниченности. Она неустойчива, и от нее можно избавиться при помощи специальных методов размагничивания: образцы помещают в сильное переменное магнитное поле, нагревают (до температуры Кюри) в специальной немагнитной печи, иногда погружают в жидкий азот и т. д. После такой «очистки» можно проводить измерение стабильной первичной намагниченности образцов, «полученной» ими в эпоху формирования породы.

Статистическая обработка результатов измерений позволяет определить средние значения палеомагнитного склонения и палеомагнитного наклонения для отдельных образцов и групп образцов одной и той же породы, собранных в одном и том же месте. Кроме того, ферромагнитные минералы классифицируют по видам и возрасту, что дает возможность выяснить, для какого поколения и какого минерала характерны наиболее стабильные результаты. Направления найденного палеонаклонения и существующего ныне поля могут соответствовать друг другу (в этом случае мы имеем дело с нормальной полярностью) или быть противоположными (обратная полярность). Наконец, на основе таких данных можно вычислить географические координаты палеополюсов.

Таким образом, науки о Земле получают на вооружение метод «ископаемого компаса», с помощью которого ученые могут расшифровать «записи» в породах, узнать, каким было геомагнитное поле и где находились магнитные полюсы в различные эпохи геологической истории нашей планеты. При этом принимается, что в течение соответствующих достаточно больших (геологических) отрезков времени геомагнитные полюсы совпадают с географическими — это допущение упрощает процедуру сравнения результатов, полученных в различных частях света.

То, что некоторые породы обладают весьма сильной остаточной намагниченностью, заметно отклоняющей стрелку компаса, было известно еще в конце XVIII в. Причину этого А. Гумбольдт видел в грозовых разрядах (1797 г.). Это на самом деле верно по отношению к некоторым открытым магматическим породам, залегающим на горных вершинах или скальных останцах, но не объясняет многих других случаев.

Первые определения направления остаточной намагниченности были проведены, как уже говорилось, в середине прошлого века на современных лавах. Оно согласовалось с направлением геомагнитного поля. В начале нашего века была обнаружена «обратная» намагниченность в оса-

дочных породах, залегавших под изучавшимися лавами. В последующую четверть века количество таких и аналогичных им наблюдений постепенно увеличивалось, однако их значение в то время мало кто оценивал по достоинству.

Интерес к палеомагнетизму пород резко возрос лишь в пятидесятые годы благодаря работам группы английских исследователей, объединившихся вокруг С. К. Ранкорна (*S. K. Runcorn*). Они изучили ориентированные образцы европейских пород различного возраста и доказали, что на протяжении геологического времени положение палеополюса систематически изменялось. Полюс как бы блуждал по кривой, близкой к спирали, перемещаясь от Гавайских островов в Тихом океане (докембрий — более 600 млн. лет назад) через район Камчатки (поздний палеозой — около 300 млн. лет назад) в северную Сибирь (триас — около 200 млн. лет назад) (рис. 3).

В Польше палеомагнитные исследования проводятся с 1961 г., когда автор статьи совместно с профессором А. Нейрном (Великобритания) начал изучать лавы и интрузивные горные породы южной Польши (район Судет и Карпат), относящиеся к карбоновому, пермскому и третичному* периодам. За прошедшее время эти работы охватили большинство магматических и много осадочных пород ее территории.

Одним из наиболее интересных результатов, полученных коллективом ученых из Великобритании, Польши и Чехословакии, стало обнаружение того, что чешский кристаллический блок

Рис. 3. Кривые кажущегося движения полюса по европейским (Евр.) и североамериканским (С. А.) данным (*S. K. Runcorn*, 1962 г., упрощенный вариант). Д — докембрий, П — поздний палеозой, Т — триас

Рис. 4. Сбор образцов для палеомагнитных исследований на Шпицбергене (1974 г.). Фото К. Биркенмайера

* В СССР третичный период с 1959 г. подразделяется на самостоятельные палеогеновый и неогеновый периоды. — *Ред.*

Примечательно, что примерно половина базальтов внедрилась в лавовый покров, не показываясь на его поверхности. Столь большие размеры «скрытого стока» были неожиданностью.

Сила извержения Южного прорыва постепенно убывала к концу 1976 г. В начале декабря его конус стал обрушиваться, базальты, выжатые из-под него, образовали свод у его подножия (рис. 32). 10 декабря 1976 г. извержение прекратилось.

Сразу после остановки извержения возобновились землетрясения. В течение 20 дней они перемещались вдоль линии Толбачинского извержения то на юг (на 15—20 км), то в обратном направлении, но магма так и не смогла снова пробиться на поверхность.

Последующие исследования механизма внедрения даек и трещинных извержений показали, что появление жидких базальтов и длительное сравнительно вялое течение извержения в Южном прорыве были закономерными.

Если магматический очаг перед извержением находился под определенным избыточным давлением, а сопротивление выводного канала течению магмы остается постоянным в ходе извержения, то расход магмы со временем довольно быстро убывает по экспоненциальному закону. Однако давление магмы и скорость ее течения по каналу падают пропорционально ее расходу. В свою очередь, толщина питающей дайки пропорциональна давлению, а расход магмы в дайке очень сильно зависит от ее толщины. В итоге, если считать вязкость магмы неизменной, то расход последней оказывается пропорциональным четвертой степени давления. В этом случае небольшое его снижение в очаге и соответствующее уменьшение толщины питающей дайки должны быстро останавливать извержение.

Длительная «разгрузка» магматического очага по экспоненциальному закону возможна при двух условиях: во-первых, если начальная питающая дайка в ходе извержения заменяется округлым каналом (диаметр канала уже практически не зависит от давления) и, во-вторых, если вязкость магмы уменьшается по ходу извержения хотя бы пропорционально кубу давления. Уменьшение вязкости магмы в Южном прорыве по сравнению с Северным и замена питающей трещины жерлом (и, вероятно, круглым каналом на глубине) позволили Толбачинскому извержению длиться 524 дня.

Расчеты показывают, что главной причиной остановки извержения было падение избыточного давления в магматическом очаге, а не застывание канала, по которому поступала магма. В ходе извержения давление снизилось со 100—250 до 10 атм или до еще меньшего значения. Если бы Большое трещинное Толбачинское извержение продлилось еще около 200 дней, то теоретически расход магмы в его канале мог бы снизиться до 0,2—0,3 $м^3/с$ и стал бы равен ее притоку из мантии в промежуточный очаг на глубине 25—40 км. В этом случае на месте Южного прорыва стал бы постепенно расти новый постоянно действующий базальтовый щитовой вулкан. Этого не случилось. Тем не менее размах и геологические последствия извержения были огромными.

Активная область Большого трещинного Толбачинского извержения протянулась на 28 км от Плоского Толбачика до конуса Южного прорыва. Вдоль нее выросла цепь крупных шлаковых конусов — Новые Толбачинские вулканы. Вокруг Южного прорыва образовался базальтовый лавовый покров. Лавы залили площадь около 45 $км^2$. Общий объем изверженных лав, шлаков и пепла достиг 2,3 $км^3$. В атмосферу было выброшено около 10^8 т вулканических газов.

После окончания последнего роя землетрясений в районе извержения началась поствулканическая деятельность. На крупных конусах интенсивно образуются возгоны — различные минералы, вынесенные в газообразном состоянии из трещин или лавового потока, либо возникшие в результате взаимодействия вулканических газов между собой или со шлаками (рис. 33). Идет оседание конуса и опускание местности вокруг них. Эти процессы будут продолжаться десятилетия.

Как мы уже говорили, Большое трещинное Толбачинское извержение стало одним из трех наиболее изученных крупных извержений. Оно дало возможность исследовать ряд особенностей и черт, присущих базальтовому вулканизму. Впервые удалось много узнать о механизме сложного большого извержения. Эти сведения помогут более детально изучить природу вулканических явлений. Извержения, подобные Толбачинскому, бывают не каждое столетие. Фактические данные, накопленные в ходе обширных наблюдений Большого трещинного Толбачинского извержения, послужат поколениям.

В заключение автор вновь выражает благодарность и признательность участникам Толбачинской экспедиции.

повернулся на 15° по часовой стрелке в направлении к горной цепи Судет. Поворот произошел после пермского периода, в последовавшие 200 млн. лет, но, вероятнее всего, в третичном периоде — около 15—20 млн. лет назад, когда формировалась горная система Альп и Карпат.

Цепи складчатых гор (особенно молодых горных систем альпийского типа), как правило, имеют форму более или менее выгнутой дуги. Уже давно идет дискуссия о том, является ли эта форма первичной, соответствующей более старым, чем складки, осадочным бассейнам, из которых возникли горы, или же она — результат складкообразования, воздействия горизонтальных сжатий, вызывающих поворот.

Палеомагнитные исследования, которые провели сотрудники Геологического института АН СССР (Москва), Геологического института имени Д. Штура (Братислава) и Института геологических наук ПАН (Краков) на образцах, собранных в красных глубоководных фораминиферовых мергелях скального пенинского пояса в Польше и Чехословакии (верхний мел), позволили решить этот вопрос для Западных Карпат. Оказалось, что горная дуга Западных Карпат, складкообразование которой относится к раннему третичному периоду, выгнулась и повернулась примерно на 65° в соответствии с первоначальным прохождением залива древнего океана Тетис.

В 1978—1982 гг. автор собрал также серию ориентированных образцов базальтовых и андезитовых лав для палеомагнитных исследований меловых и третичных скальных комплексов острова Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова) в Западной Антарктиде. В этом районе мира происходили значительные горизонтальные перемещения вдоль больших сдвиговых сбросов. Лабораторные исследования этих образцов проводятся в настоящее время в Институте геофизики в Варшаве.

В 1974—1977 гг. совместная польско-американская экспедиция на Шпицбергене (рис. 4), в которой участвовал и автор статьи, изучала образцы океанических осадочных пород девонского, карбонового, пермского и триасового периодов, а также долеритовых базальтов, относящихся согласно датировке радиометрическим методом к раннемеловому времени (около 110 млн. лет назад). Обработка собранного материала позволила, в частности, определить положение Северного палеополюса Земли в раннемеловое время: он находился в районе Аляски.

Рис. 5. Кривые кажущегося движения полюса по европейским (Евр.) и североамериканским (С. А.) данным (*D. и M. Tarling*, 1971 г.). Цифры вдоль кривых обозначают удаление во времени в миллионах лет; штриховые линии — предполагаемые траектории

Блуждают полюсы или континенты?

Приведенные на рис. 3 кривые показывают, что «пройденные» полюсом пути различны для Европы и Северной Америки. В окрестностях нынешнего геомагнитного полюса кривые расположены вблизи друг от друга, но по мере продвижения в глубь геологического прошлого они расходятся. Кроме того, «американская» кривая неизменно расположена к западу от «европейской».

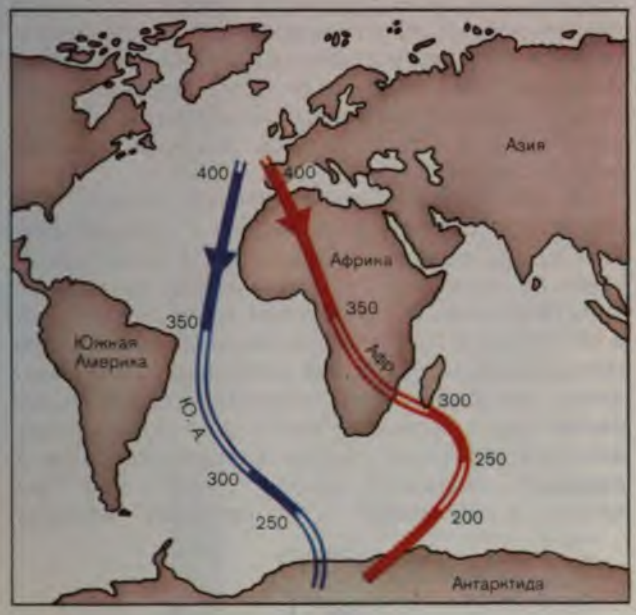
Обобщение всевозрастающего количества данных по обоим континентам позволило построить существенно более точные кривые кажущегося движения геомагнитного полюса за последние 300—400 млн. лет, которые, однако, сохранили свою характерную особенность — расходиться по мере продвижения в глубь истории Земли (рис. 5). Оказалось, что расстояние между участками кривых, отмеченными на рис. 5 цифрой 100 (удаление во времени около 100 млн. лет), примерно такое же, как и ширина Атлантического океана, и если европейский и североамериканский континенты мысленно придвинуть друг к другу, обе кривые в значительной степени совпадают.

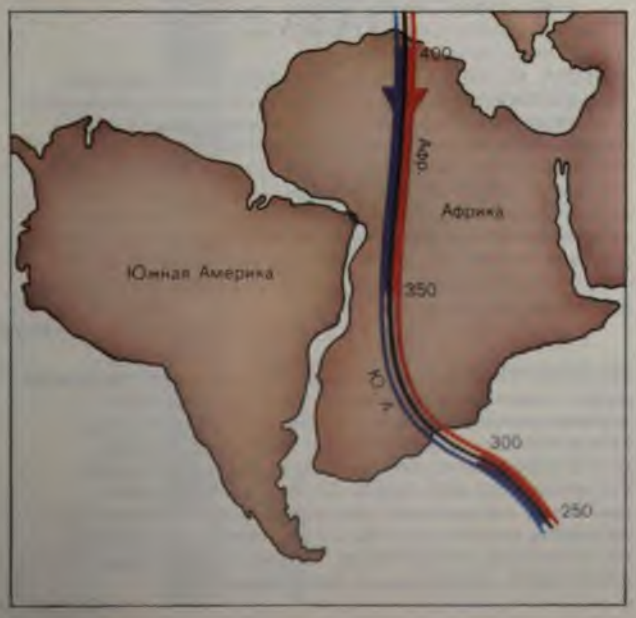
Еще убедительнее выглядит мысленный эксперимент с африканским и южноамериканским континентами: на интервале времени от 250 до 400 млн. лет назад их сдвиг приводит к полному совпадению кривых (рис. 6—7).

В приведенных примерах мы рассуждали весьма упрощенно, тем не менее они наглядно иллюстрируют одно из фундаментальнейших положений, на которое мы опираемся при изучении глобальной тектоники: геомагнитные полюсы в течение определенных длинных временных интервалов совпадают с географическими. Движение (блуждание) полюсов на протяжении геологической истории — мнимое, оно обусловлено изменениями географического положения континентов.

Рис. 6. Кривые кажущегося движения полюса по африканским (Афр.) и южноамериканским (Ю. А.) данным (*D.* и *M. Tarling*, 1971 г.). Цифры обозначают то же, что и на рис. 5

Рис. 7. Совпадение кривых кажущегося движения полюса на интервале времени 400—250 млн. лет назад при сдвиге африканского и южноамериканского континентов (*D.* и *M. Tarling*, 1971 г.). Обозначения те же, что и на рис. 6





Палеополюсы и палеоклимат

Считая, что геомагнитные полюсы совпадают с географическими, мы можем прочитать зафиксированные в ископаемых осадочных породах данные о палеоклимате. В общем и целом система климатических зон Земли не претерпела значительных изменений. Современный климат каждой зоны зависит прежде всего от ее географической широты: полярный — на полюсе, умеренный — в средних широтах, тропический — между тропиками Рака и Козерога.

Согласно палеомагнитным данным по Африке, 400—500 млн. лет назад полюс находился в Сахаре, в свою очередь, палеоклиматические исследования подтвердили существование в Южном Алжире осадочных пород ледникового происхождения, относящихся к этому времени (ордовику). Через 200 млн. лет (карбон) палеомагнитный полюс «переместился» в район южной Африки, где уже давно обнаружены следы мощного оледенения: это было нечто сходное с современным ледовым куполом Антарктиды. Новейшая геологическая интерпретация названных фактов выглядит так: на интервале от ордовика до карбона и перми движение льдов вместе с Южным полюсом Земли по африканскому континенту было относительным, т. е. Африка как бы убегала на Север от полюса, сохранявшего свое положение неизменным.

Аналогичную информацию о палеоклимате мы получаем из анализа пород того же, что и у данного палеополюса, возраста: осадочных — для умеренной палеозоны; принадлежащих ископаемым пустыням и соляно-гипсовым залежам — для субтропической; осадочных, необычайно богатых в прошлом растительностью, а ныне угленосных — для тропической. Палеомагнитные методы показывают, что после сдвига континентальных льдов палеоклиматические зоны располагаются последовательно, образуя замкнутые пояса вокруг палеополюса.

Убедительные аргументы в пользу правильности изложенных выше представлений мы находим, обращаясь к позднему палеозою (карбон и пермь): соответствующие континентальные осадочные породы изучены особенно хорошо, так как с ними связаны выходы богатых залежей каменного угля, солей и гипсов. Учитывая ска-

занное, нельзя не вспомнить о возродившейся снова концепции суперконтинента Пангеи, выдвинутой создателем известной и на протяжении долгого времени оспаривавшейся теории континентального дрейфа А. Вегенером*. По этой теории в мезозойскую и кайнозойскую эру Пангея распалась на части, из которых возникли существующие ныне континенты. Следует заметить, однако, что общепринятые ныне механизмы дрейфа отличаются от вегенеровских.

Инверсия магнитных полюсов

Еще в конце XIX в. было замечено, что некоторые породы намагничены в направлении, обратном существующему ныне магнитному полю Земли. Обнаружение в различных частях света пород с обратным направлением намагниченности, происхождение которых связано с разными геологическими эпохами, было воспринято в начале нашего века как аргумент в пользу того, что магнитное поле Земли меняло свое направление (полярность): Северный магнитный полюс становился Южным и наоборот. Однако минуло почти полвека, прежде чем удалось выяснить, что породы примерно одинакового геологического возраста имеют одинаковую палеомагнитную полярность. Затем было установлено, что инверсия полюсов происходила многократно, причем за последние 70 млн. лет полярность магнитного поля Земли менялась чаще, чем в среднем — по крайней мере, дважды за каждый миллион лет.

Детальное исследование этой проблемы позволило, с одной стороны, лучше понять внутреннее строение Земли и разработать теорию возникновения токов в ее ядре, с которыми связано происхождение геомагнитного поля, а с другой — собрать надежные данные, необходимые для создания подробной палеомагнитной шкалы геохронологии (магнитно-стратиграфической шкалы).

Процесс инверсии полюсов, как оказалось, длится несколько тысяч лет, после чего нормальная или обратная полярность сохраняется в течение сравнительно большого временного интервала: от 100 тыс. до 50 млн. лет. В последние 150 лет наблюдается ослабление напряженности магнитного поля Земли. Если так будет продолжаться, то примерно через 2000 лет поле «исчезнет». Стало быть, не исключено, что мы живем накануне новой инверсии полюсов, после которой геомагнитное поле изменит свое направление на противоположное.

История инверсий полюсов прослежена наиболее подробно по породам, возраст которых меньше 5 млн. лет. Построенная при этом магнитно-стратиграфическая шкала (рис. 8) применима в исследованиях и континентальных пород по ориентированным образцам, и полученных при бурении дна современных океанов осадочных (для которых из-за трудностей, связанных с ориентацией образцов, удается определить лишь наклонение). Шкала сопоставлена со шкалой развития органического мира; опорные даты для калибровки были взяты из геохронологических исследований, основывающихся на анализе распада содержащихся в породах радиоактивных элементов. Построить магнитно-стратиграфическую шкалу для более отдаленного интервала времени — от 5 до 100 млн. лет — гораздо труднее, и ее точность меньше прежде всего из-за быстро возрастающей ошибки измерений, присущей методу радиометрической датировки. Однако дополнительно привлекая для решения этой задачи данные о магнитных аномалиях океанического дна, и здесь удалось получить важные результаты (рис. 9).

В частности, в конце 60-х — начале 70-х годов автором статьи совместно с группой ученых из Института геофизики ПАН были проведены палеомагнитные исследования магматических базальтовых и родственных им пород Судет и их северных предгорий, позволившие на основе метода радиометрической датировки найти положение палеомагнитных полюсов третичного периода. Было выявлено шесть последовательных инверсий полюсов: первая из них относится к верхнему олигоцену (около 28—25 млн. лет назад), а последняя — к среднему миоцену

СТО ЛЕТ НАЗАД

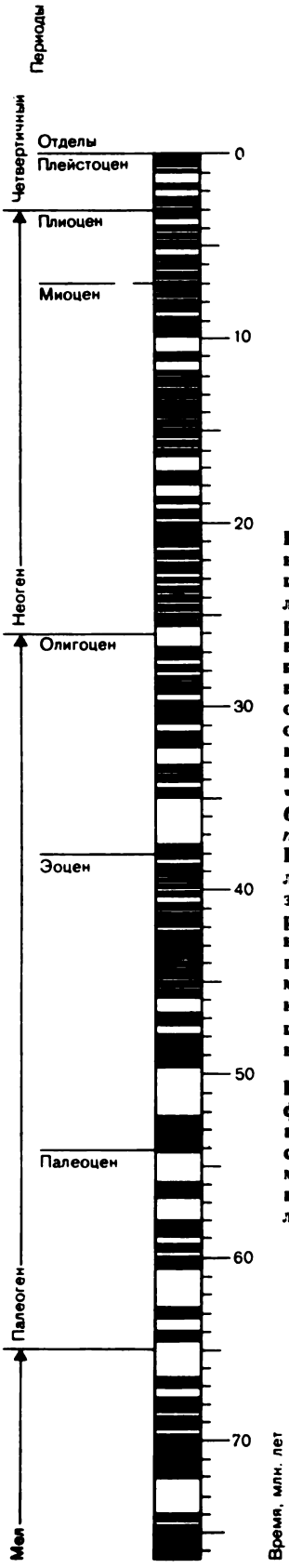
НИЦЦА. *Подводная обсерватория. По плану инженера Тозелли строится так называемая подводная обсерватория для наблюдения морского дна. Аппарат в форме цилиндра имеет 10 м вышины и 3 м в диаметре; он содержит в себе 55 кубометров воздуха, количество, достаточное для двух лиц при нахождении некоторое время под водой. Каждый час аппарат должен три раза подыматься из воды. В полу находится большая линза, через которую можно хорошо видеть морское дно. Аппарат снабжен электрическим светом, который бросает свои лучи по всем направлениям.*

«Нива»

ПЕТЕРБУРГ. *В деле предсказания погоды простая пиявка может отчасти заменить барометр. Если предстоит хорошая погода, то пиявка, свернутая в спираль, остается неподвижною на дне банки. Если грозит дождь, то она поднимается на поверхность воды, где остается все время, пока идет дождь. Когда ожидается сильный ветер, она начинает метаться. В случае сильной грозы пиявка выходит из воды и поднимается на верх банки, испытывая, по-видимому, неприятное состояние, выражающееся судорожными движениями.*

«Техник»

* Подробнее об этом см. статью С. А. Ушакова «От гипотезы дрейфа материков к теории глобальной тектоники» в ежегоднике «Наука и человечество. 1983». — *Ред.*



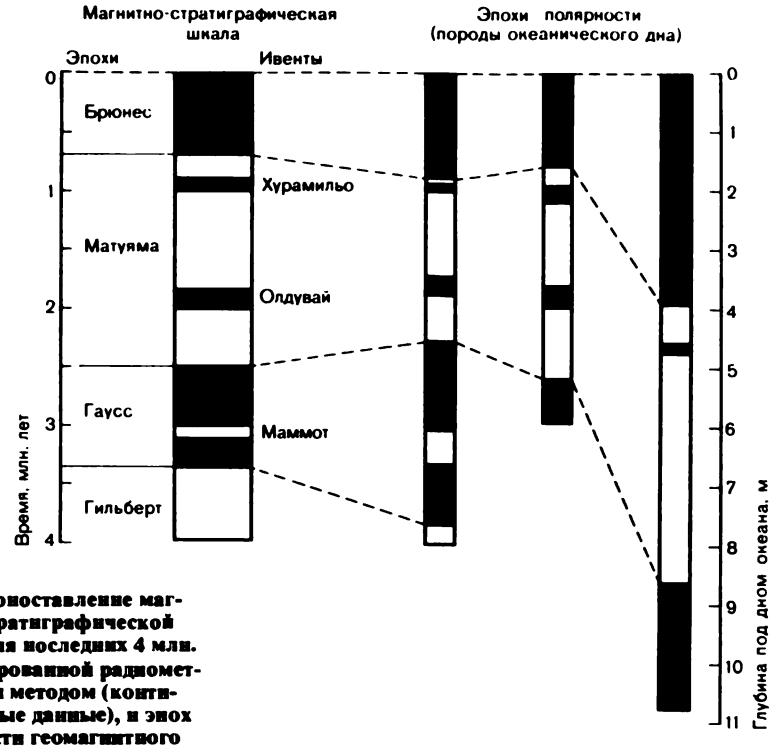


Рис. 8. Сопоставление магнитно-стратиграфической шкалы для последних 4 млн. лет, датированной радиометрическим методом (континентальные данные), и эпох полярности геомагнитного поля, определенных из палеомагнитных исследований осадочных пород океанического дна (три варианта): нормальная полярность — черный цвет, обратная — белый (*A. Cox, G. B. Dalrymple, R. R. Doell*, 1967 г.). На океаническом дне полярность зависит от глубины залегания осадочных пород. Короткие смены полярности — ивенты названы по географическим названиям мест их обнаружения. Эпохи носят имена ученых, внесших большой вклад в изучение земного магнетизма

Рис. 9. Магнитно-стратиграфическая шкала инверсий геомагнитного поля за последние 75 млн. лет: нормальная полярность — черный цвет, обратная — белый (*J. R. Heirtzler*, 1968 г.)

(около 17—15 млн. лет назад). Радиометрический возраст польских горных пород был определен калий-аргоновым методом в сотрудничестве с Институтом геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР в Москве.

Запись изменений геомагнитного поля на океаническом дне

Изучая океаническое дно с исследовательских судов и специально оборудованных самолетов, ученые выявили «полосчатую» структуру его магнитных аномалий: отрицательные магнитно-аномальные зоны чередуются с положительными (рис. 10). Лишь много лет спустя была дана интерпретация этому открытию: чередование полос было увязано со сменой полярности геомагнитного поля. Полосы, имеющие ширину до 30 км, простираются на сотни километров от одного трансформного разлома до другого, располагаясь «параллельно» рифтовым трещинам срединных океанических хребтов и симметрично относительно них. Океанические хребты, глобальная система которых была изучена лишь за последние годы, связаны с местами весьма высокой сейсмической активности, проявляющейся на сравнительно небольшой глубине, и с главными зонами выноса из недр Земли больших масс базальтовой лавы. Именно здесь образуется базальтовая океаническая кора и изливаются на

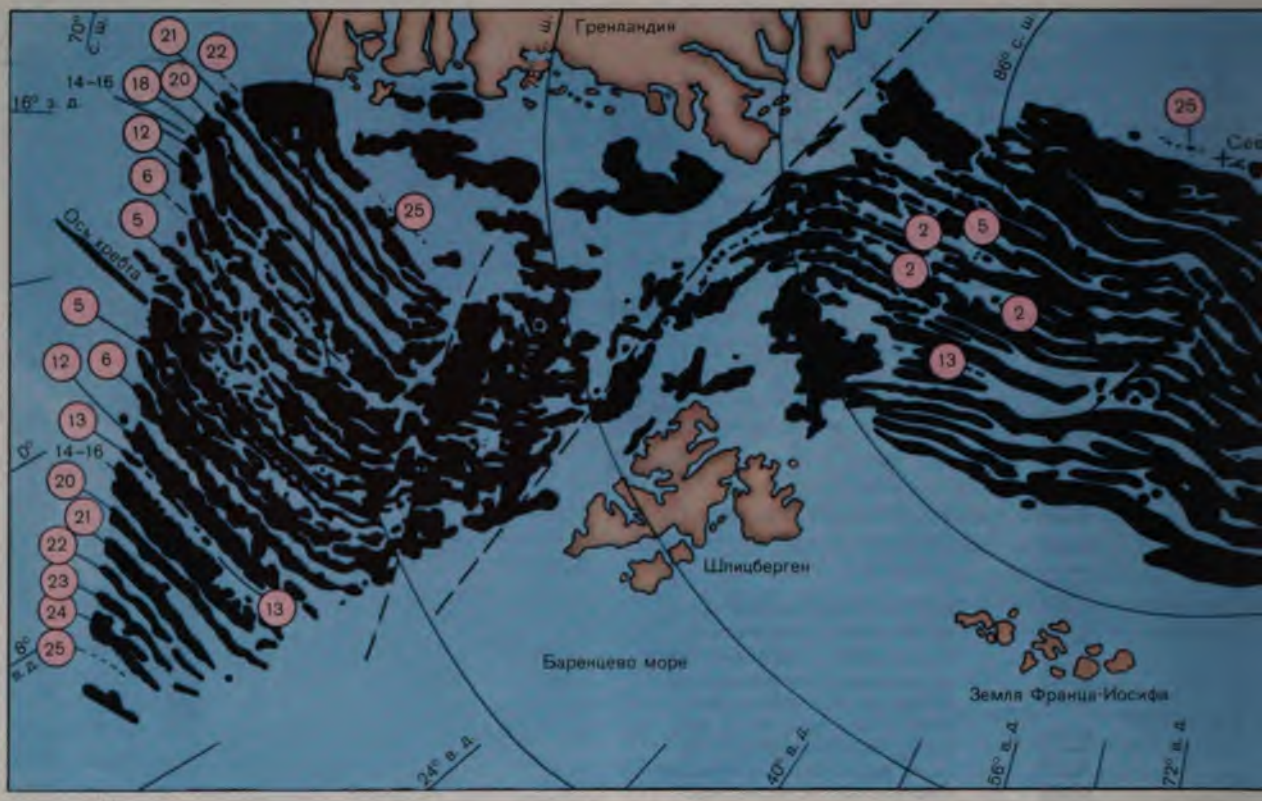


Рис. 10. Полосчатая структура («зебра») магнитных аномалий на дне северной части Атлантического океана и прилегающей части Северного Ледовитого океана (*P. R. Vogt, R. H. Feden, O. Eldholm, E. Sundvor*, 1978 г.). «Положительные» («нормальные») аномалии показаны черным цветом; расположенные между ними «отрицательные» («обратные») — синим. Цифры — порядковые номера аномалий в соответствии с международным стандартом.
Штриховыми линиями отмечены некоторые трансформные разломы. Ось океанического хребта совпадает с «осью симметрии» «зебры»

дно или внедряются в толщу земной коры потоки богатой ферромагнетиками базальтовой лавы, которая, остывая, обретает сильную остаточную термонамагниченность в существующем ныне магнитном поле Земли.

Вновь образовавшееся дно океана раздвигается в обе стороны от океанического хребта под действием конвективных течений в мантии Зем-

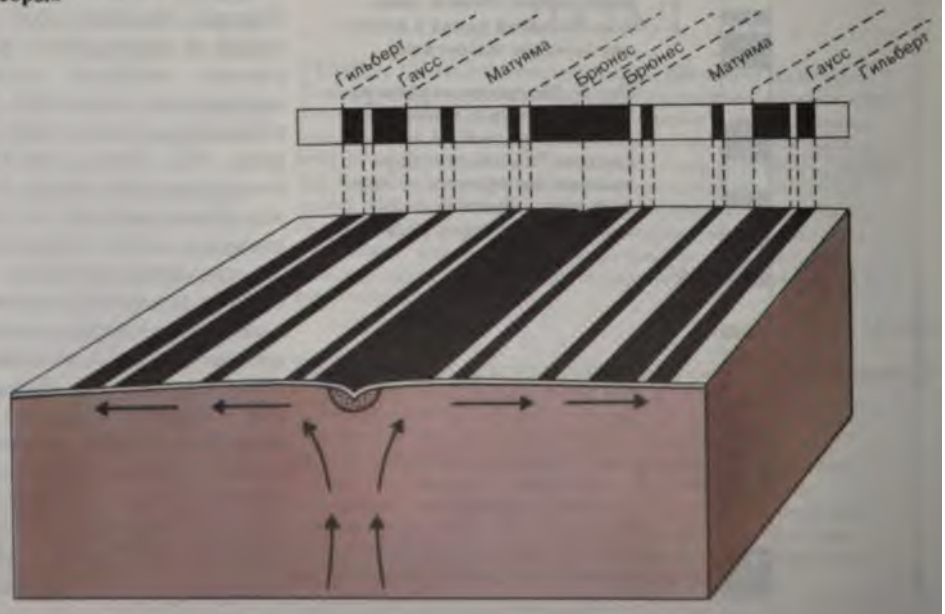


Рис. 11. Перемещение полосчатой структуры магнитных аномалий вместе с раздвигающимся океаническим дном в стороны от оси Срединно-Атлантического хребта и соответствующая магнитостратиграфическая шкала (*A Cox, G. B. Dalrymple, R. R. Doell*, 1967 г.). Черный цвет — нормальная полярность, белый — обратная

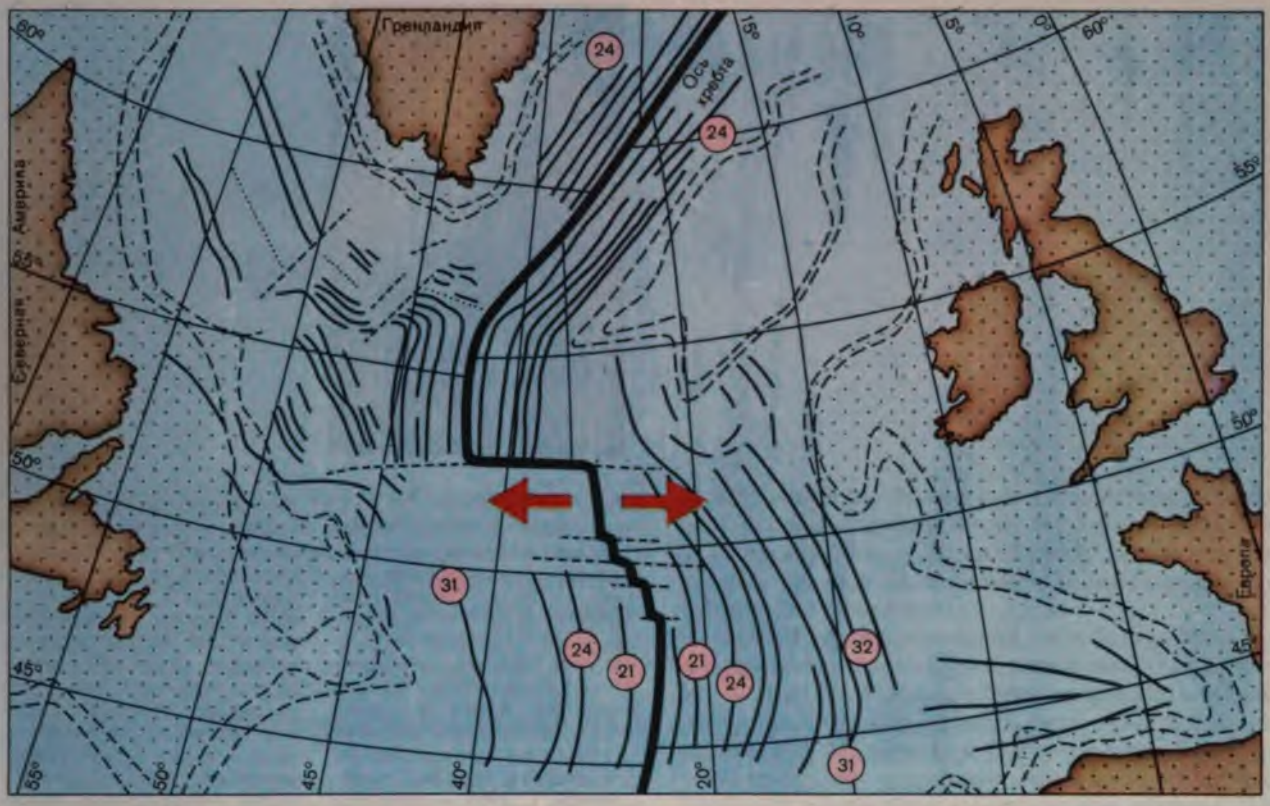


Рис. 12. Реконструкция североатлантического бассейна в эпоху возникновения магнитной аномалии № 19 (47 млн. лет назад — средний эоцен): двойные штриховые линии — границы шельфа; линии на океаническом дне — магнитные аномалии (цифры — их номера); жирная линия — ось Срединно-Атлантического хребта (аномалия № 19); стрелки показывают направление раздвигания океанического дна; штриховые линии — трансформные разломы срединно-океанических хребтов
(*A. S. Laughton*, 1975 г.)

ли, унося на себе — как на ремне трансмиссии — запись истории инверсий геомагнитного поля и изменений его напряженности: чем больше расстояние от рифтовой трещины, тем старше аномальная полоса (рис. 11).

Аномалии были пронумерованы: некоторые из них удалось соотнести с определенными палеомагнитными эпохами и датировать, привлекая прежде всего континентальные палеомагнитные данные, а там, где это было возможно, — также и палеостратиграфические и радиометрические методы (см. рис. 10—12). Это, в свою очередь, позволило оценить скорость раздвигания океанического дна, которая в современную эпоху варьируется в пределах от 1 (Северная Атлантика) до 5 см (восточная часть Тихого океана) в год (имеется в виду перемещение дна по одну сторону океанического хребта). По геологическим меркам породы дна современных океанов весьма молоды: их возраст не превышает 100—150 млн. лет. Анализ распределения полос магнитной «зебры» на океаническом дне позволяет также определить местоположение так называемых трансформных разломов (отчетливо распознаваемых и по данным сейсмических и батиметрических исследований), вдоль которых океанические хребты сдвигаются на сотни километров (см. рис. 10 и 12).

Исследования, в которых палеомагнетизму отводится весьма существенная роль, дают возможность реконструировать географическое положение отдельных континентов и их частей в различные геологические эпохи, анализировать историю современных океанов и изучить эволюцию ископаемых океанов, следы которых в виде глубоководных и шельфовых осадков сохранились в горных цепях различного возраста. На этом фундаменте, в свою очередь, строится классификация районов, где сосредоточены газо-нефтяные месторождения (происхождение последних тесно связано с историей океанических шельфов) или залежи полиметаллических руд (они возникают в океанических и континентальных рифтовых зонах или в складчатых областях вулканически активных континентальных окраин).

Евгений Павлович АЛЕШИН (р. 1931) — физиолог растений, рисовод, доктор биологических наук (1967), профессор (1969), лауреат Государственной премии СССР (1977), член-корреспондент ВАСХНИЛ (1979).

Окончил Кубанский сельскохозяйственный институт (1954) по специальности агрономия, работал агрономом. С 1959 — заведующий лабораторией физиологии Всесоюзной рисовой опытной станции, с 1962 — лабораторией биохимии Северо-Кавказского научно-исследовательского института фитопатологии. С 1966 — заместитель директора Всесоюзного научно-исследовательского института риса ВАСХНИЛ по науке, заведующий отделом физиологии этого института. С 1978 — его директор. С 1968 заведует кафедрой физиологии и биохимии растений Кубанского сельскохозяйственного института. Опубликовал более 300 научных работ, из них 10 монографий.

Исследуя физиологические особенности прорастания семян риса, Е. П. Алешин впервые показал анаэробную природу первой стадии этого процесса. На основе его исследований создан режим орошения рисового поля в период получения всходов, применяемый теперь в СССР повсеместно. Работы Е. П. Алешина по физиологии минерального питания и по изучению действия биологически активных веществ на рис позволили внедрить в рисоводство методы искусственного ускорения созревания риса и использования смесей различных гербицидов.

Е. П. Алешин — инициатор работ по моделированию урожаев риса на уровне ценоза и программному управлению урожаем риса. Он является руководителем создания и ведущим автором эталонной технологии возделывания риса в СССР. Эта технология используется также в ряде других стран.

Много внимания уделяет Е. П. Алешин подготовке научных кадров и работе с молодыми рисоводами. Награжден четырьмя орденами и медалями СССР.

Евгений Павлович АЛЕШИН

Рис: обновление культуры

За прошедшие более чем три четверти XX столетия население нашей планеты возросло практически в 2,5 раза. Объем сельскохозяйственного производства за то же время увеличился только вдвое. Все более очевидным становится недостаток продуктов питания. За последние годы в развивающихся странах он принимает уже угрожающий характер, особенно потому, что прирост населения планеты определяется именно этими странами.

Это прежде всего страны Южной и Юго-Восточной Азии, где основным продуктом питания является рис. Здесь потребление риса достигает в среднем 100 кг в год на одного человека. Сколь важное значение имеет рис для народов этого района мира, говорит его древнее название на санскрите — дгананга, или основа питания. Огромную роль играет рис в жизни народов и других континентов — Африки, Южной и Центральной Америки. Возделывается рис и в Советском Союзе.

Происхождение риса уходит в глубь веков. По этому поводу существует много сказаний и мифов.

Вот что рассказывает, например, малайская легенда. Могучий небожитель Батара Гуру, увидев однажды прекрасную лесную фею, воспылал к ней страстью и стал домогаться ее любви. Но фея, увы, оставалась равнодушной. Небожитель решил прибегнуть к силе, но фея предпочла смерть и скончалась в час, назначенный для свадьбы. Когда ее похоронили, из могилы вдруг заструился свет и выросло необыкновенное растение, названное рисом. Батара Гуру роздал его зерна людям. Они стали выращивать рис и получили всегда желанную, никогда не приедающуюся пищу.

А вот как трактуют этот вопрос ученые. Род «рис» (*OryzaL*) принадлежит к трибе рисовых (*Oryzeae*). Вместе с трибой стрептохетовых рисовые являются самыми примитивными злаками. Они наиболее близки к предполагаемому предку злаков и составляют как бы промежуточное звено между лилиецветными и злакоцветными. Возникли рисовые предположительно в среднем мелу, т. е. около 150—120 миллионов лет назад. Рис, таким образом, уцелевший до наших дней, современник динозавров.

Центр видообразования риса был расположен на древнем южном гипотетическом праматерике — Гондване, от которого откололись Южная Америка, Африка, Антарктида, Австралия, Индостан и о. Мадагаскар. После распада Гондваны и образования отдельных материков род «рис» оказался раздроблен на отдельные группы. Длительная изоляция и различные условия сформировали в каждом из регионов ареала рода особые виды риса. Возникли различные геномы риса и небольшой полиплоидный ряд (существуют виды риса с 24 и 48 хромосомами в диплоидном наборе).

Несмотря на мощные геологические катаклизмы, рис оказался очень консервативным. За миллионы лет эволюции в роде «рис» произошли гораздо меньшие изменения, чем в других группах семейства злаков. Он не утратил свою гигрофитную природу*, примитивную морфологию цветка, развитую аэренхиму** и такое архаичное образование, как колеоптиль. Колеоптилем у злаков называется первый зеленый лист без пластинки.

У риса тоже есть такой лист («шило»), но он является вторым колеоптилем. А первый (настоящий) колеоптиль риса — это бесхлорофильное, строго анаэробное образование, позволяющее рису прорастать в условиях затопления (рис. 1). При появлении кислорода в среде колеоптиль лопается и появлятся первый лист без пластинки и корень. Рис сохранил примитивные по сравнению с другими злаками ферментные системы, что позволяет теперь создавать высокоселективные

* *Гигрофиты* — растения, живущие в условиях избыточного увлажнения.

** *Аэренхима* — рыхлая ткань растений с крупными воздухоносными полостями между клетками.

гербициды для истребления злаковых сорняков (просянок) в посевах риса.

Предками риса были корневищные плавающие многолетники. Эволюционные изменения у него свелись к возникновению однолетних форм, плавающих или приспособленных к мелководьям или тенистым сырым низменностям. Позже всего возникли полукарликовые и карликовые формы риса с пониженным содержанием гормонов роста — гиббереллинов. Из этих форм отобраны современные интенсивные сорта.

Самый активный формообразовательный процесс у риса шел в тех регионах, которые столкнулись с наибольшими катаклизмами. Это можно объяснить так. Север Индостана и Индокитая предположительно был границей ареала риса на Гондване. Растения с рецессивными генетическими признаками обычно оттесняются к границе ареала, поэтому в Южной и Юго-Восточной Азии сложились благоприятные условия для возникновения новых форм риса. С одной стороны, здесь в связи с накоплением рецессивных генов сосредоточилось разнообразие генетических признаков, а с другой — постоянно и активно изменяющаяся среда обитания содействовала проявлению этого разнообразия. Например, в одном из самых активных на планете районов горообразования (Непал, Ассам, север Таиланда, Лаоса, Вьетнама) находится естественный центр возникновения новых форм посевного риса (*Oryza sativaL*). Здесь встречаются и дикие предки риса (корневищный многолетник *Oryza rufipogon*, однолетник *Oryza nivara*), сорнополевые его формы (группа *Spontanea*), а также плавающие однолетние, приспособленные к мелководью, и полукарликовые сорта. В этом районе возникли все три подвида посевного риса: индийский, яванский, японский.

Аналогичным образом в Африке сформировалось многообразие форм культивируемого гладкого риса (*Oryza glaberrima*). Южная Америка и Австралия отличались более консервативными условиями и сохранили более примитивные виды риса. Не исключено, что остатки наиболее примитивных видов скрыты под ледовым панцирем Антарктиды.

Население района, ныне охватывающего юго-восток Непала, Ассам, северо-запад Таиланда, север Лаоса и Вьетнама, создало примитивное затопляемое и суходольное рисоводство уже в X—VIII тысячелетии до н. э. К IV тысячелетию до н. э. рисоводство повсеместно господствовало в Индокитае. Потом оно проникло в Южный Китай, Малайзию, Индонезию, на Филиппины, позже в Японию. В Индии рисоводство создали в XX—XV вв. до н. э. Затем оно распространилось в Передней и Средней Азии, достигло берегов Средиземного моря, Северной Африки, Испании и Сицилии. Оттуда рисоводство к XVII в. распространилось по Южной Европе, откуда в XVI—XX вв. эту культуру вывезли в Америку, Австралию и Океанию.

В настоящее время рис — одно из важнейших культурных растений планеты. Его посевы занимают 145 млн. га; валовой сбор зерна составляет 400 млн. т, урожайность — 2,47 т/га.

Изучая технологию рисоводства в разных регионах, можно представить себе всю эволюцию его возделывания. В Южной Америке, в Африке, в Индии некоторые племена до сих пор занимаются собирательством плавающего дикого риса. От этих форм ведет начало примитивная культура глубоководного риса, а от собирательства форм суходольных — примитивная суходольная культура. И в том и в другом случае семена риса высевают в болото, на затопляемый паводком участок или на участок, очищенный от леса, и не заботятся о них в течение всей вегетации, возвращаясь на «поле» лишь для жатвы. Важным шагом в развитии технологии возделывания риса было начало сооружения искусственных запруд, которые удерживали воду муссонных ливней. В подобных запрудах во многих странах Азии до сих пор выращивают «питаемый дождем» рис. Сооружение запруд показало значительные преимущества заливного рисоводства перед суходольным, которое является примитивной тупиковой ветвью технологии. Из запруд рис пришел на поля, расположенные на горных террасах, откуда он вытеснил таро и ямс.

Подлинную революцию в рисоводстве — первую «зеленую революцию» — произвели три события, происшедшие в Юго-Восточной Азии: одомашнивание водяного буйвола (буффало), изобретение рассадочной культуры и начало строительства ирригационных сооружений для искусственного орошения рисовых полей. Эти события привели к установлению примерно одинаковой культуры риса от Цейлона до Хоккайдо и от Непала до Сулавеси, что обеспечило продовольствием огромные государства древней и средневековой Азии. Эта технология существует в неизменном виде до сих пор в большинстве тропических стран: в Индии, Китае, Индокитае, Индонезии, на Филиппинах.

В последние двадцать лет достижения науки и

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГЕРМАНИЯ. *Замечательное дерево. На недавнем собрании берлинского медицинского общества профессор Вирхов показывал фотографические снимки гигантской чинары на острове Косе, под сенью которой, по преданию, Гиппократ вел медицинские беседы. Ветви этого дерева настолько велики, что покрывают почти всю рыночную площадь города Коса и поддерживаются повсюду мраморными колоннами.*

«Русская медицина»

Рис. 1. Вид зерновки риса, прорастающей при полном отсутствии кислорода. При этом разрастается только колеоптиль

техники позволили внести коренные изменения как в технологию возделывания риса, так и в селекцию (особенно в развитых странах). Была выдвинута идея о новой «зеленой революции» в рисоводстве. Ее основой должны были стать сверхурожайные чудо-сорта, для выведения которых в 1960 г. был специально создан Международный институт риса (ИРРИ) на Филиппинах. Институт быстро добился успеха, получив знаменитый сорт ИР-8 и другие подобные ему, в несколько раз превосходящие по урожайности традиционные тропические сорта. Однако полученные полукарликовые высокоинтенсивные сорта оказались неприемлемыми для большинства азиатских фермеров. Они требовали создания крупных хозяйств, точной регулировки режима орошения, широкого использования механизации, удобрений и химических средств защиты растений. Поэтому Международный институт риса сейчас сосредоточил свои усилия на улучшении традиционных сортов (в том числе и суходольных). Им стараются придать устойчивость ко всем возможным болезням и вредителям, к различным неблагоприятным факторам (холоду, токсикозу, засолению, даже к тайфунам). По пути сохранения традиционных аграрных отношений идет рисоводство Японии, где широко используются химические удобрения, средства защиты растений и машины. Но способы применения химических веществ приспособлены к мелкому частном
ному труду, а мини
бы продолжением ч

индуетриальное рисоводство создано за рубежом лишь в последние десятилетия в США и Западной Европе.

В дореволюционной России рисоводство традиционно развивалось в Средней Азии и в Закавказье. Однако закавказский регион никогда не играл большой роли, а среднеазиатское рисоводство в силу малой продуктивности едва было способно обеспечить рисом население своего края, причем больше всего его сеяли на территории современного Узбекистана (160 тыс. га). Общая площадь посевов риса в России составляла 270 тыс. га, а урожайность была ничтожной — от 7 до 14 ц/га.

После революции рисоводство в стране претерпело значительные количественные и качественные изменения. Во-первых, из исконных рисоводческих районов рис переместился в более северные широты — в Приморье, на Северный Кавказ, Украину, его стали выращивать в Астраханской и Ростовской областях, значительно расширились посевные площади в Казахстане и Каракалпакии. За годы Советской власти центр отечественного рисоводства переместился севернее почти на 1000 км и достиг 47° с. ш., т. е. биологически возможной границы его возделывания. Во-вторых, в корне изменилась технология. Современное рисоводство — одна из наиболее интенсивных отраслей сельского хозяйства, базирующаяся на оросительных системах инженерного типа, на полной механизации и химизации производства. Все это позволило повысить урожайность практически в 4 раза и снизить затраты труда в 10 раз. Успехи рисоводства особенно ярко видны на примере Краснодарского края, где на протяжении веков сотни тысяч гектаров целинных земель представляли собой лишь топкие малярийные болота, поросшие тростником и другой растительностью. Созданная за последние 50 лет на Кубани база рисоводства на индустриальной основе включает в себя сегодня около 260 тыс. га оросительных систем, 6 водохранилищ, более тысячи насосных станций, сотни тысяч гидротехнических устройств, линии электропередач, дороги. В бывших плавнях, на бросовых землях выросли целые агрогорода (рис. 2).

Изменился облик рисоводства и в регионах традиционного рисосеяния. Новые сорта, новая технология возделывания, социалистическая система хозяйствования сделали рисоводство страны высокоэффективным и высокорентабельным.

Принципиальная особенность отечественного рисоводства прежде всего в том, что у нас созданы рисовые оросительные системы инженерного типа, называемые картами (рис. 3, 4), конструкции которых разработаны советскими
ными и специалистами-мелиораторами. Такие
озволяют регулировать уровень воды как
ности, так и в почве. В настоящее время

рисоводы располагают несколькими типами конструкций рисовых карт. Это карта Краснодарского типа, Кубанского типа, карта-чек с широким фронтом залива и сброса и другие. Имея чеки (участки рисового поля) размером от 4 до 15—18 га, эти карты позволяют механизировать все процессы по возделыванию и уборке риса.

Несмотря на конструктивные различия, все типы карт, безусловно, являются прогрессивным шагом в развитии рисоводства, так как позволяют управлять условиями, необходимыми для формирования урожая в масштабах целой отрасли.

Создание и внедрение в практику рисоводства таких инженерных систем позволило ученым разработать принципиально новую технологию возделывания риса, учитывающую его биологические особенности и возможности социалистической системы хозяйствования.

У нас в стране впервые в мире стали сеять рис в сухую почву, как обычную суходольную культуру. Для этого почва с осени пашется под зябь, весной тщательно раздельвается, в нее вносятся удобрения. При этом учитывается состояние почвы (пласт многолетних трав, оборот пласта, паровое поле) и особенности высеваемого сорта. Большое внимание уделяется планировочным работам — поверхность рисовых чеков должна быть очень ровной, чтобы слои воды был везде одинаковым. Сев производят либо зерновыми, либо специально изготовленными рисовыми сеялками. В передовых хозяйствах практикуют диагонально-перекрестный и узкорядный способы посева. Норма высева — 230—250 кг/га.

Затопление чеков производится не позднее чем через 2—3 дня после посева. Глубина первоначального затопления 10—12 мм для повсеместного и равномерного увлажнения поверхности чека; эта глубина выбирается с таким расчетом, чтобы к моменту массового наклевывания семян и образования колеоптиля вода уже впиталась в почву. Если она остается на поверхности поля, ее сбрасывают, чтобы ускорить появление всходов.

Как уже говорилось, рис в этом плане очень интересное растение, его семена могут прорастать при полном отсутствии кислорода. В таких условиях разрастается только колеоптиль, который в бескислородной среде предохраняет от гибели будущее растение. Однако чтобы получить всходы в агрономическом понимании этого слова, нужен свободный доступ кислорода. Тогда колеоптиль отмирает, усиленно начинают расти корни и молодые проростки. Поэтому кратковременное отсутствие воды на рисовом поле обязательно. Это положение является основой одного из режимов орошения риса, а именно укороченного затопления, который разработан советскими учеными. Когда всходы обозначатся четко, на рисовые поля вновь подается вода, уровень которой в течение вегетации регулируется в соответствии с требованиями биологии риса и постоянно изменяющимися условиями окружающей среды.

В нашей стране разработаны и другие спо-

Рис. 2. Всесоюзный научно-исследовательский институт риса

Рис. 3. Строительство рисовых оросительных систем инженерного типа на Кубани

Рис. 4. Гидроузел

Рис. 5. Сорт Краснодарский-424 — разновидность Италика. Один из лучших сортов советской селекции. Выведен группой селекционеров бывшей Кубанской рисовой опытной станции (ныне ВНИИриса) С. А. Яркиным, О. Е. Натальиной, Н. П. Красноок и Ф. К. Даяновым. Районирован с 1956 г. Период вегетации 120—125 дней. Растения высокорослые (130 см), среднеустойчивые к полеганию. Дает урожаи 75—100 ц/га. Крупа отличается высокими технологическими и кулинарными достоинствами. Посевы этого сорта принято размещать, как говорят, по наилучшим предшественникам — по пласту многолетних трав, на вновь осваиваемых землях, занятых паром. Весьма требователен к азотным удобрениям. Успешно конкурирует с новыми сортами интенсивного типа. Хорошо переносит обработку гербицидами

Рис. 6. Сорт Кубань-3 — разновидность Зеравшанника. Выведен на Кубанской рисовой опытной станции селекционерами С. А. Яркиным и А. П. Сметанкиным. Период вегетации 110—116 дней, высота 115 см. Сорт высокоурожайный, но сильно полегает. Семена его прорастают очень энергично, проростки хорошо преодолевают слой затопления в начальный период вегетации. Весьма нетребователен к азотным удобрениям. Наибольшее распространение получил в Казахстане и ряде областей и автономных республик Северного Кавказа

собы обработки почвы и посева риса. В частности, переувлажненные почвы, которые невозможно осушить, обрабатываются по воде (для этой цели учеными ВНИИриса в содружестве с Минским тракторным заводом создан трактор специальной модификации, хорошо работающий в условиях полного затопления поля). При такой обработке последующие операции — внесение удобрений и посев — осуществляются сельскохозяйственной авиацией. Режим орошения в этом случае — постоянное затопление, так как семена риса в почву не заделываются, а в воде всегда имеется определенный запас растворенного кислорода, который обеспечивает получение всходов без сброса воды.

Вообще же говоря, слой воды на рисовом поле — это прежде всего фактор экологический, без которого немыслима рациональная культура рисоводства, ибо сам рис — дитя болот — удивительно приспособлен к произрастанию в условиях затопления. Но слой воды может быть и агротехническим фактором. В частности, правильная и своевременная регулировка глубины затопления позволяет уничтожать сорняки, усиливать темпы роста риса путем изменения кислородного и температурного режимов. Этот механизм положен нами в основу программированного управления формированием урожайности риса.

В настоящее время рисоводство в стране достигло достаточно высокого уровня. Разработанная в СССР технология возделывания риса широко практикуется в Венгрии и Болгарии, отдельные ее элементы — на Кубе и в Румынии. Дальнейшее развитие рисоводства должно идти по пути внедрения более урожайных сортов, устойчивых к неблагоприятным условиям внешней среды, совершенствования технологии их возделывания, создания комплекса машин и орудий, всецело отвечающих требованиям производства.

Рис. 7. Сорт Спальчик — разновидность Италика. Относится к среднеспелым сортам интенсивного типа, период вегетации 112—114 дней, высота 80 см, практически не полегает. Высокоурожаен, способен давать по 10—11 т/га. Зерно обладает высокими технологическими достоинствами

Рис. 8. Сорт Старт — разновидность Италика, также низкорослый, не полегает. Созревает раньше Спальчика на 5—7 дней, высокоурожаен. Хорошо реагирует на азотные удобрения. Максимальный урожай сорта, полученный в производственных условиях, — 11 т/га

Рис. 9. Сорт Жемчужный. Период его вегетации 115—117 дней, высота 80—90 см. Устойчив к полеганию, хорошо реагирует на азотные удобрения, максимальный урожай, полученный в производственных условиях, составил 9,5 т/га. Сорт дает высокие урожаи при раннем апрельском посеве, когда всходы получаются за счет естественных запасов влаги в почве

Сейчас все площади, занятые рисом, засеваются у нас сортами отечественной селекции. Главные зоны, где идет селекция сортов, — Кубань, Узбекистан и Приморский край. Наибольшее распространение получили сорта кубанской селекции — Краснодарский-424 и Кубань-3, которые занимают более 70% посевных площадей в СССР (рис. 5 и 6).

В настоящее время на Кубани создана целая группа новых сортов так называемого интенсивного типа. К ним относятся прежде всего районированные в 1980—1981 гг. сорта Спальчик, Старт, Жемчужный (рис. 7—9).

В связи с большим спросом на длиннозерный рис советские селекционеры в последние годы создали ряд сортов типа Кулон, Авангард, Прикубанский (рис. 10). Они высокоурожайны (8—10 т/га), выход крупы 68—70%, крупа по своим качествам отвечает самым взыскательным вкусам.

гербициды для истребления злаковых сорняков (просянок) в посевах риса.

Предками риса были корневищные плавающие многолетники. Эволюционные изменения у него свелись к возникновению однолетних форм, плавающих или приспособленных к мелководьям или тенистым сырым низменностям. Позже всего возникли полукарликовые и карликовые формы риса с пониженным содержанием гормонов роста — гиббереллинов. Из этих форм отобраны современные интенсивные сорта.

Самый активный формообразовательный процесс у риса шел в тех регионах, которые столкнулись с наибольшими катаклизмами. Это можно объяснить так. Север Индостана и Индокитая предположительно был границей ареала риса на Гондване. Растения с рецессивными генетическими признаками обычно оттесняются к границе ареала, поэтому в Южной и Юго-Восточной Азии сложились благоприятные условия для возникновения новых форм риса. С одной стороны, здесь в связи с накоплением рецессивных генов сосредоточилось разнообразие генетических признаков, а с другой — постоянно и активно изменяющаяся среда обитания содействовала проявлению этого разнообразия. Например, в одном из самых активных на планете районов горообразования (Непал, Ассам, север Таиланда, Лаоса, Вьетнама) находится естественный центр возникновения новых форм посевного риса (*Oryza sativaL*). Здесь встречаются и дикие предки риса (корневищный многолетник *Oryza rufipogon*, однолетник *Oryza nivara*), сорнополевые его формы (группа *Spontanea*), а также плавающие однолетние, приспособленные к мелководью, и полукарликовые сорта. В этом районе возникли все три подвида посевного риса: индийский, яванский, японский.

Аналогичным образом в Африке сформировалось многообразие форм культивируемого гладкого риса (*Oryza glaberrima*). Южная Америка и Австралия отличались более консервативными условиями и сохранили более примитивные виды риса. Не исключено, что остатки наиболее примитивных видов скрыты под ледовым панцирем Антарктиды.

Население района, ныне охватывающего юго-восток Непала, Ассам, северо-запад Таиланда, север Лаоса и Вьетнама, создало примитивное затопляемое и суходольное рисоводство уже в X—VIII тысячелетии до н. э. К IV тысячелетию до н. э. рисоводство повсеместно господствовало в Индокитае. Потом оно проникло в Южный Китай, Малайзию, Индонезию, на Филиппины, позже в Японию. В Индии рисоводство создали в XX—XV вв. до н. э. Затем оно распространилось в Передней и Средней Азии, достигло берегов Средиземного моря, Северной Африки, Испании и Сицилии. Оттуда рисоводство к XVII в. распространилось по Южной Европе, откуда в XVI—XX вв. эту культуру вывезли в Америку, Австралию и Океанию.

В настоящее время рис — одно из важнейших культурных растений планеты. Его посевы занимают 145 млн. га; валовой сбор зерна составляет 400 млн. т, урожайность — 2,47 т/га.

Изучая технологию рисоводства в разных регионах, можно представить себе всю эволюцию его возделывания. В Южной Америке, в Африке, в Индии некоторые племена до сих пор занимаются собирательством плавающего дикого риса. От этих форм ведет начало примитивная культура глубоководного риса, а от собирательства форм суходольных — примитивная суходольная культура. И в том и в другом случае семена риса высевают в болото, на затопляемый паводком участок или на участок, очищенный от леса, и не заботятся о них в течение всей вегетации, возвращаясь на «поле» лишь для жатвы. Важным шагом в развитии технологии возделывания риса было начало сооружения искусственных запруд, которые удерживали воду муссонных ливней. В подобных запрудах во многих странах Азии до сих пор выращивают «питаемый дождем» рис. Сооружение запруд показало значительные преимущества заливного рисоводства перед суходольным, которое является примитивной тупиковой ветвью технологии. Из запруд рис пришел на поля, расположенные на горных террасах, откуда он вытеснил таро и ямс.

Подлинную революцию в рисоводстве — первую «зеленую революцию» — произвели три события, происшедшие в Юго-Восточной Азии: одомашнивание водяного буйвола (буффало), изобретение рассадочной культуры и начало строительства ирригационных сооружений для искусственного орошения рисовых полей. Эти события привели к установлению примерно одинаковой культуры риса от Цейлона до Хоккайдо и от Непала до Сулавеси, что обеспечило продовольствием огромные государства древней и средневековой Азии. Эта технология существует в неизменном виде до сих пор в большинстве тропических стран: в Индии, Китае, Индокитае, Индонезии, на Филиппинах.

В последние двадцать лет достижения науки и

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГЕРМАНИЯ. *Замечательное дерево. На недавнем собрании берлинского медицинского общества профессор Вирхов показывал фотографические снимки гигантской чинары на острове Косе, под сенью которой, по преданию, Гиппократ вел медицинские беседы. Ветви этого дерева настолько велики, что покрывают почти всю рыночную площадь города Коса и поддерживаются повсюду мраморными колоннами.*

«Русская медицина»

Рис. 7. Сорт Спальчик — разновидность Италика. Относится к среднеспелым сортам интенсивного типа, период вегетации 112—114 дней, высота 80 см, практически не полегает. Высокоурожаен, способен давать по 10—11 т/га. Зерно обладает высокими технологическими достоинствами

Рис. 8. Сорт … низкорослый, … на 5—7 … азотные … ный в …

Рис. 9. Сорт … 117 дней, … хорошо … урожай, … составл… нем … за счет …

Одновременно с созданием новых сортов разрабатываются и приемы их выращивания. В частности, уделяется серьезное внимание применению удобрений, в том числе азотных. Дело в том, что рис практически во все фазы вегетации поглощает охотнее всего аммиачный азот, который в затопленной почве претерпевает различные превращения в зависимости от глубины его заделки. Оптимальной, как показали исследования, является глубина 10 см. В этом слое почвы при наличии на ее поверхности воды создаются стабильные окислительно-восстановительные условия, и с азотом не происходит никаких превращений, т. е. он полностью сохраняется для риса. В противном случае потери бывают весьма ощутимыми (рис. 11—13).

В последние годы стали использовать большое количество различных пестицидов (гербицидов, фунгицидов и инсектицидов). Их своевременное и дозированное применение, безусловно, способствует получению высоких и устойчивых урожаев риса. Возможно применение и безгербицидной технологии, которая разработана во ВНИИриса. Она уступает по своей экономической эффективности технологии, базирующейся на полной химизации, но необходима на полях, расположенных вблизи населенных пунктов, рядом с источниками воды, рыбопитомниками и т. д.

Уборка риса в СССР, как правило, бывает двухфазной. Вначале рис скашивается специальными жатками, валок подсыхает в течение 4—5 дней, а затем подбирается комбайнами и обмолачивается.

Итак, в настоящее время рисоводство у нас — высокоэффективное и высокорентабельное производство, технология которого позволяет широко использовать механизацию и управление в масштабах целой отрасли.

Дальнейшее развитие рисоводства определяется прежде всего теми задачами, которые ставит перед сельскохозяйственным производством страны Продовольственная программа СССР. Это повышение урожайности и производительности труда, снижение трудоемкости производства и себестоимости единицы продукции. Для решения этих задач ученые и все работники отрасли разрабатывают новые и усовершенствуют уже имеющиеся методы повышения эффективности рисоводства. Остановимся коротко на главных из них.

Для определения предельных уровней урожайности был сделан анализ земельных, водных, тепловых, световых и т. д. ресурсов рисоводства, а также продуктивной способности возделываемых сортов. В поймах и дельтах рек рисоводческих регионов насчитывается более 8 млн. га неиспользуемых заболоченных и засоленных земель, пригодных для возделывания риса после проведения соответствующих мелиоративных работ. Из них освоение около 3 млн. га возмо при обычных удельных затратах, а последую 5 млн. га — при значительно больших удель затратах. Имеющиеся земельные ресурсы ограничивают развитие рисоводства как на (жайшую, так и на отдаленную перспективу.

Имеющиеся водные ресурсы достаточны получения необходимых сегодня урожаев, од сдерживают дальнейший рост посевных пло дей.

Средний уровень солнечной радиации много лет в отечественных зонах рисовод (48—38° с. ш.) при максимальном ее испол вании может обеспечить образование 30, высоком — 24, при среднем — 12 и при пло использовании — порядка 8—10 т/га ко ционного зерна.

Оценка перечисленных выше, а также агр мических ресурсов и биологической продукти сти районированных в стране и перспектив сортов риса показала, что даже при самом не гоприятном сочетании агрометеорологичес условий имеющиеся ресурсы обеспечивают п чение 6,0 т риса с гектара. Практика передо рисоводов и рисоводческих хозяйств подтве дает эти расчеты.

Вопросы рационального использования а производственных, природных ресурсов и охр окружающей среды решаются комплексно, как высокие дозы минеральных удобре пестицидов, лишняя вода в чеке, не связан агрофитоценозом и не превращенные в хо ственно-ценную часть урожая, неизбежно вы вают загрязнение окружающей среды. Это по жение принято за основу при разработке мод дальнейшего развития рисоводства. Она учить ет производственные затраты (вода, удобре пестициды, семена, ручной и механизирован труд, амортизационные отчисления и т. д.); п ри в рисоводстве и других отраслях, обусло ные загрязнением окружающей среды (по рыбного хозяйства, рост заболеваемости, очи воды и др.); дополнительную прибыль сопут ющих отраслей (кормопроизводство в рисо севооборотах, рыбопосадочный материал и д валовой сбор риса, урожайность, площадь пос затраты на производство единицы продук Модель дает зависимость между всеми эт величинами и учитывает путь повышения эф тивности данной отрасли растениеводства, ра ботки и внедрения безотходной ее технологии.

Поскольку урожайность, как было ска выше, лимитируется не столько агропроиз ственными ресурсами, сколько способами эффективного использования, особое значе приобретает управление сельскохозяйствен производством на всех организационных у ях. Поэтому рисоводческий агропромышлен комплекс, создаваемый в соответствии с Пр вольственной программой СССР, переводится

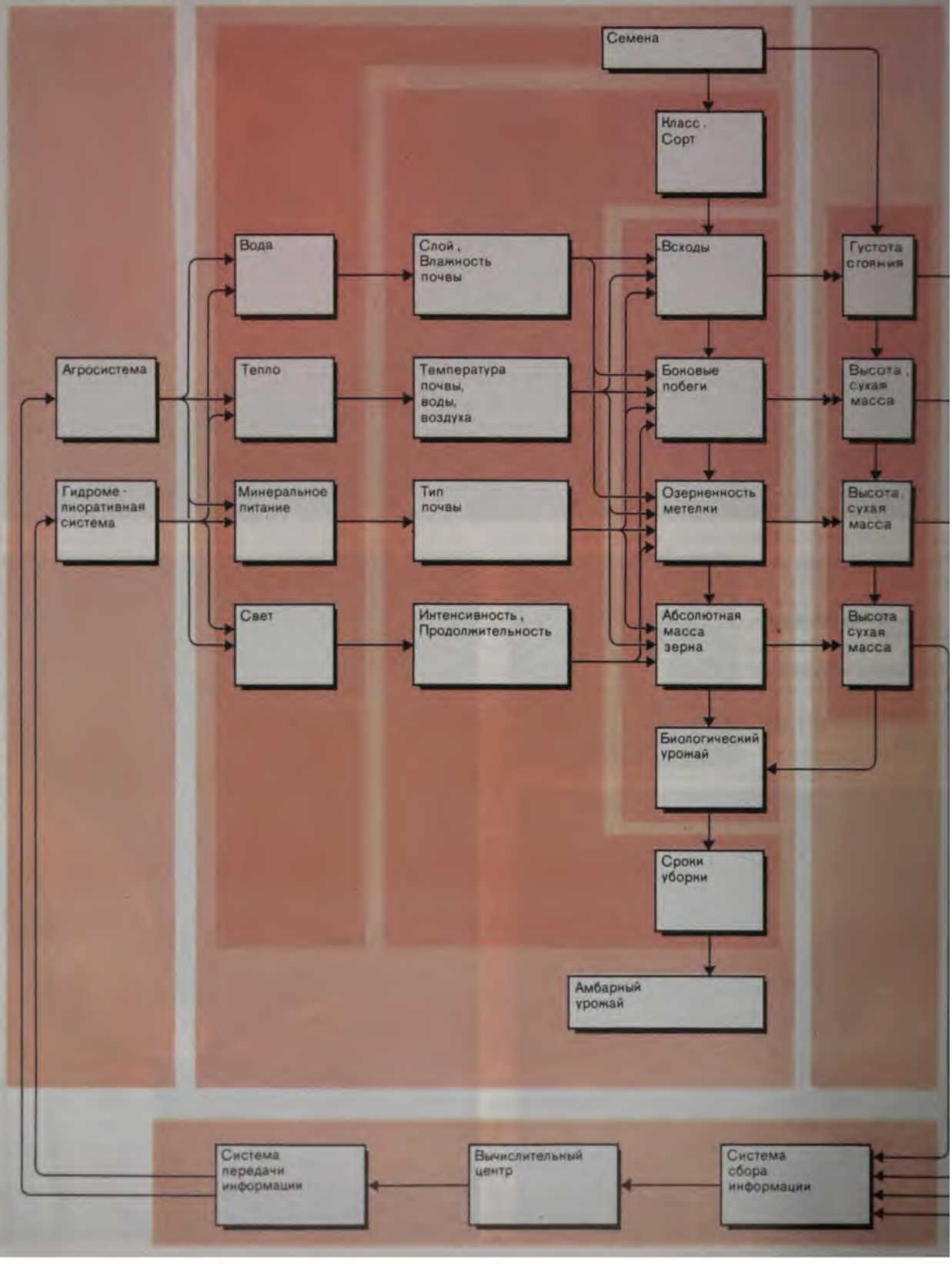
Рис. 10. Селекционеры в теплице

Рис. 11. В лаборатории микробиологии

Рис. 12. Работа на хроматографе

Рис. 13. Работа на спектрофотометре

Рис. 14. Структурная схема программированного управления урожайностью риса



целевое программированное управление с использованием методов и средств автоматизации, т. е. создаются региональные АСУ «Рис». Такие системы создаются при республиканском, краевом или областном совете агропромышленного комплекса и охватывают все хозяйства, заготовительные, перерабатывающие и другие его предприятия.

Соответствующий центр АСУ включает информационно-вычислительный комплекс с ЭВМ типа ЕС-1035, узел связи, агрохимическую и другие службы.

При районных агропромышленных советах создаются районные центры АСУ «Рис» с ЭВМ типа СМ-4, узлами связи и другими необходимыми службами.

В пределах одного хозяйства управление урожайностью — расчет программ производства риса и управления их выполнением — осуществляется на уровне рисоводческого звена и закрепляемой за ним площади 100—200 га. Таким образом, структурно-иерархическая схема АСУ «Рис» четырехзвенная. Первое звено — республиканский, краевой (областной) центр, второе — районные центры, третье — рисоводческие хозяйства, четвертое — рисоводческие звенья. Существенно, что схема предусматривает не только распорядительную информацию, т. е. административное управление сверху вниз, но и поток рекомендательной технологической информации, определяющий решения на всех иерархических уровнях.

Структурные взаимосвязи подсистем программированного управления урожайностью показаны на рис. 14. Математическая модель формирования урожайности учитывает большое число сложных факторов, которые вряд ли возможно было бы оценить без применения вычислительной техники. Сюда входят: перемещение биомассы свежих ассимилятов из одних органов растений в другие, накопление новых и старых ассимилятов, количество поглощенной углекислоты и соответствующее ему количество образовавшейся биомассы и т. п. Расчет по этой модели оптимального варианта для среднемноголетних погодных условий Краснодарского края оформлен как календарь рисовода и дает возможность в каждый данный момент выбирать наилучшие технологические решения.

Теперь остановимся коротко на таком важном вопросе, как повышение производительности труда. Он становится еще актуальнее, если учесть недостаток рабочей силы в отрасли, который вряд ли возможно ликвидировать в ближайшее время. Поэтому намечены следующие пути:

применение комбинированных машин и энергонасыщенных тракторов для совмещения операций по предпосевной подготовке почвы;

сокращение количества операций по регулированию пищевого режима, снижение норм удобрений и гербицидов за счет применения капсулированных туков и гранулированных гербицидов, дифференцированных с учетом плодородия почв и фитосанитарного состояния посевов, а также планируемых урожаев;

уменьшение числа фаз уборки путем применения более совершенных и высокопроизводительных комбайнов;

снижение трудоемкости операций по регулированию водного режима, чтобы слой воды в чеках поддерживался автоматически, а управление распределением воды в каналах осуществлялось телемеханически.

Выше уже говорилось о важности сохранения окружающей среды. Рисоводство — высокоинтенсивная отрасль сельскохозяйственного производства, применяющая наибольшие удельные дозы удобрений и пестицидов. Недостаточное их использование приводит к серьезному загрязнению естественных источников сбросовыми водами. Больше всего в этих водах содержится остатков минеральных удобрений, иногда бывают хлор- и фосфорорганические соединения. Это приводит к отравлению почвы, к появлению сорняков (просянок, клубнекамыша, сорно-полевых (краснозерных) форм риса), а на них — возбудителей и переносчиков болезней, вредных насекомых.

Поскольку к 1985—1990 гг. еще невозможно добиться безотходной технологии, главная задача сейчас снизить количество загрязнений до допустимого уровня, сохранить и усилить самоочищающую способность элементов естественной гидрографической сети и искусственных водотоков, свести до экономически допустимого порога ущерб от загрязнения.

Решение этой задачи входит в математическую модель, обрабатываемую на ЭВМ в рамках АСУ «Рис».

СТО ЛЕТ НАЗАД

Французский ученый Ш. Шамберлан сконструировал керамический фильтр для отделения бактерий от жидкой фазы. Такой бактериальный фильтр, известный как «свеча Шамберлана», применяется и поныне.

Английские зоологи Кольдуэлль и В. Гааке независимо друг от друга впервые обнаружили, что существуют млекопитающие — ехидна и утконос, — которые откладывают яйца.

Арутюн Христофорович САРКИСОВ (р. 1908) — академик ВАСХНИЛ, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР, лауреат Государственной премии СССР.

В 1931 окончил Закавказский ветеринарный институт в Ереване.

В 1937—1939 участвовал в специальной научной экспедиции на Украине, предложившей меры борьбы с ранее неизвестным смертельным заболеванием лошадей, которое возникало при использовании кормов, пораженных микотоксинами. В 1943—1944 руководил научными алтайскими экспедициями, в которых была раскрыта причина тяжелого микотоксикоза людей — алиментарно-токсической алейкии, наблюдавшейся в ряде населенных пунктов Поволжья, Сибири и Казахстана и вызывавшейся токсичными микроскопическими грибами. Разработал доступный способ обнаружения микотоксинов методом кожной пробы, что позволило предотвратить использование в пищу и в корм токсичного зерна. Предложенная кожная проба используется повсеместно у нас и в других странах.

С 195[illegible] А. Х. Саркисов возглавляет лабораторию антибиотиков и микологии во Всесоюзном ордена Ленина институте экспериментальной ветеринарии.

В 1954 опубликовал первую монографию «Микотоксикозы», которая закрепила становление нового направления в патологии человека и животны
микотоксикологии и
жила начало широки
следованиям в этой
сти. Под руководс
и при непосредстве
участии А. Х. Сарки
проведены широкие
плексные исследов
позволившие устан
формирование имму
та при кожных гри
болезнях — дермато
зах животных, соз
против них первые в
ре вакцины, произво
которых освоено в
мышленных масшта
которые широко вне
в ветеринарную пра
нашей и многих др
стран. С применением
цины эта инфекция
ного рогатого скота,
сившая характер эн
тии, в нашей стране иск
нена.

С 1962 А. Х. Саркисов
эксперт по антибиот
и микотоксикозам Все
ной организации зд
охранения (ВОЗ) О
Ему принадлежат б
тридцати изобретений
тентов, полученных
стран Европы, Азии и А
рики.

Награжден орденами Л
на, Трудового Крас
Знамени, Красной Зве
медалью имени Я. Пу
не (ЧССР), именной з
той медалью Всемир
организации интелле
альной собствен
(WIPO) ООН за круп
успехи по созданию
ции против дермато
зов (1983 г.).

Арутюн Христофорович САРКИСОВ

Победа над трихофитией

«Нет ничего опасней для новой истины, чем старое заблуждение», — говорил И. В. Гёте.

Здесь мы хотим рассказать, как была найдена вакцина против стригущего лишая, всем известной и самой распространенной в прошлом болезни животных.

Стригущий лишай, или трихофития, относится к группе дерматомикозов — кожным грибным болезням, которые десятилетиями оставались нерешенной проблемой для животноводства нашей и других стран мира. Даже там, где давно побеждены такие тяжелые бактериальные инфекции, как туберкулез и бруцеллез, а из вирусных — бешенство, даже там борьба с дерматомикозами не достигала цели.

Против этой распространенной в мире группы болезней применяли медикаментозные средства, дезинфекцию мест содержания больных, и за многие века, можно сказать еще со времен Гиппократа (более 2000 лет), такой подход не изменился. Конечно, лечебные средства стали значительно совершеннее, появились активные дезинфектанты (это заслуга химии), современная аппаратура (это заслуга техники), но животноводам не стало легче справляться с дерматомикозами.

Не рискуя ошибиться, можно утверждать, что практически все виды животных, с которыми общается человек, заболевают стригущим лишаем. Это крупный и мелкий рогатый скот, лошади, северные олени, верблюды, комнатные животные — собаки и кошки. Болеют стригущим лишаем разводимые для получения меха пушные звери (серебристо-черные лисицы, песцы, нутрии), промысел которых стал важной отраслью хозяйства во многих странах. Когда эта болезнь появляется у комнатных животных — собак, кошек, она передается прежде всего тем, кто с ними больше общается, — детям. Зарегистрирована она в зоопарках, заповедниках, цирках, на ипподромах, где могут заболеть практически все животные, начиная от лошадей, яков, тигров, гепардов и кончая морской свинкой. И наконец, болеют кролики, которые служат источником диетического мяса и меха, а количество их как в нашей, так и в других странах будет расти.

Самое необычное в этой трудно поддающейся искоренению болезни — простота диагноза, видимые на коже поражения. Сельский или даже городской житель, раз встретившись с инфекцией независимо от уровня его познаний, сможет определить стригущий лишай.

У животных болезнь проявляется возникновением очерченных, большей частью асбестовидных кожных поражений. Волосы делаются сухими, ломкими (отсюда и название «стригущий»). Отпадающие кожные поражения, содержащие огромное количество инфекционного материала, загрязняют места обитания, окружающую среду и многие годы могут угрожать заражением здоровому поголовью даже на тех фермах, где больных нет.

Количество пораженных участков на коже может быть очень большим — нередко их 50, 100 и более, и естественно, что обработка медикаментами заболевших животных требует больших затрат труда и времени специалистов.

На снимках (рис. 1—8) показаны заболевшие стригущим лишаем животные. Признаки болезни очень четки, и, думаю, мало кто может ошибиться в диагнозе этой болезни. Конечно, общаться с больными на фермах мало кому приятно, а сесть на больную лошадь едва ли кто-либо пожелает.

Климатические условия не преграда для инфекции: на Крайнем Севере могут болеть северные олени, а на юге, в песках, даже в условиях пустынь — верблюды.

Стригущий лишай поражает животных независимо от упитанности. Можно даже сказать, что упитанность не снижает, а увеличивает очаги кожных поражений. Видимо, кожа упитанных животных содержит полноценные питательные вещества, особенно способствующие росту и размножению возбудителей. На рис. 2 показан бык абердино-ангусской породы, поступивший к нам из Англии и оказавшийся больным. Случаи поступления упитанных, но больных племенных

животных и из других стран не так уж редки.

Здесь мы не имеем корреляции с бактериальными и вирусными инфекциями, от которых в первую очередь страдают истощенные, ослабленные животные. При дерматомикозах летальный исход у крупных животных исключение, однако по экономическому и социальному ущербу эта группа несмертельных болезней превосходит большинство острых инфекционных заболеваний.

Среднесуточные привесы у заболевших животных, особенно у молодняка, снижаются примерно на 6—13 ц на каждые 100 голов. У взрослых коров неизбежно снижается продуктивность. Качество кожевенного сырья животных резко ухудшается. Карантинные меры полностью нарушают продажу племенных животных. Особенно значительны потери меха и шерсти. Шкурки пушных зверей, больных стригущим лишаем, полностью теряют свои товарные качества (кто из женщин возьмет на воротник мех от больного песца или серебристо-черной лисицы!).

Мясная продукция у каракульских овец конечно сохраняется, но кожа на выделку уже не будет использована. О ценнейшей верблюжьей шерсти вообще не приходится думать, если животное заболело.

Если возбудитель не может расправиться с крупными животными, то с крольчатами дело обстоит намного хуже. Начинают болеть они с месячного возраста, и в таких случаях вся кожная поверхность, особенно область головы, представляет сплошной лишайный очаг. Таких больных приходится, к сожалению, уничтожать. В хозяйствах, где у кроликов возникает стригущий лишай, нередко прибегают к полному истреблению кроликов и все начинают сначала.

Традиционное лечение дерматомикозов медикаментами в прошлом в нашей стране ежегодно стоило 9—10 млн. руб. Затраты на дезинфекционные мероприятия были в два раза больше. И в других странах урон от стригущего лишая весьма велик. В Италии, например, в 1975 г., по данным ВОЗ, потери мяса заболевшего крупного рогатого скота только в долине реки По составили около 6000 т, или около 9 млн. долл. Ветеринарное обслуживание и лечение одного больного стоит 6—7 долл.

Но экономический ущерб от дерматомикозов — не единственная причина острой необходимости бороться с ними: больные животные — постоянный источник инфекции для человека. В 1982 г. совет ВОЗ по дерматомикозам, созванный в Новой Зеландии, пришел к заключению, что «важность дерматомикозов животного происхождения для людей увеличивается и требует к себе бо́льшего внимания».

Как у нас, так и в других странах изменяется технология разведения животных, что связано со специализацией и кооперацией. В больших стадах или помещениях, где высока концентр животных, увеличивается возможность конта между здоровыми и больными и опасность жения всего поголовья. Перспективы разв животноводства в нашей стране и разработа способы его организации в крупных агро мышленных комплексах делали неотложной работку доступных методов борьбы со ст щим лишаем.

□

Приступая к этой проблеме, мы исходил положительного опыта борьбы с инфекци который показал, что только располагая на ными средствами специфической профилакт можно добиться устойчивого благополуч отношении соответствующего заболевания. кой путь и был избран нами, но начинали большим риском потерпеть неудачу. Дело в что имевшаяся в то время научная литерату формировании иммунитета при дерматомик (в частности, трихофитии) и видах возбудит болезни была полна серьезных противореч негативных прогнозов.

В сложившейся четверть века назад ситу исследования, к которым мы приступили, было начинать, конечно, не с создания вакц Следовало уточнить видовой состав возбуди трихофитии и получить доказательства форм вания невосприимчивости (иммунитета) или сутствия его после перенесения болезни.

Начали мы с крупного рогатого скота и этого были причины: в структуре всех ин ционных болезней этих животных только регистрируемой статистике на трихофитию годно в нашей стране приходилось 1,0—1,5 больных. Исследования привели к неожидан результату: оказалось, что у естественно пер левшего трихофитией крупного рогатого с формировалась стойкая пожизненная невос имчивость к ней. Группы переболевших жи ных были размещены потом среди активно б

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. *Силу насекомых, поистине изумительную, тывал французский естествоиспытатель Плато при по мощи очень целесообразных приспособлений и м повозочек. Опыты доказали, что самые маленьк секомые сравнительно самые сильные. Майский ж гается в тележку и при помощи ниточки тянет ма емую чашечку. Этим способом Плато узнал, что м жук, сравнительно с лошадью, может поднять в 2, а пчела в 30 раз более. Лошадь тянет 6/7 своего веса, жук в 14 раз более своего веса, а пчела в 20 р более. Иными словами: майский жук развивает по такую же пропорционально силу, как локомотив.*

Рис. 1. Теленок, больной трихофитией (стригущим лишаем)

Рис. 2. Бык трех лет абердино-ангусской породы, больной стригущим лишаем. На коже до 200 поражений

Рис. 3—4. Трихофития северных оленей. Крупные множественные поражения в области головы и конечностей

Рис. 5. Трихофития верблюдов. Сильнейшее поражение всей кожной поверхности

Рис. 8. Трихофития кроликов. Поражение в области головы

Рис. 6. Трихофития овец

Рис. 7. Стригущий лишай (трихофития) у лошади

Рис. 9. Трехмесячная мозговидная складчатая колония культуры *Tr. verrucosum*, выращенная на суслоагаре

ющих и повторно трихофитией не заболели.

Для исключения каких-либо случайностей часть животных в условиях эксперимента подверглась прямому заражению патогенными культурами трихофитонов. Животные не заболевали. Они подрастали (все были маркированы), становились продуктивными и продолжали оставаться невосприимчивыми к повторным заражениям. Затем мы отобрали группу здоровых, неперенесших животных и заразили их патогенными штаммами возбудителя, взятыми от больных. После выздоровления спустя 3, 6, 12 месяцев и даже до 2—6 лет их вновь заражали. Животные оставались здоровыми, не заболевали. Таким образом, в прямых жестких опытах было доказано формирование у крупного рогатого скота иммунитета к трихофитии после первичного переболевания.

Для создания вакцины этого было недостаточно. Следовало сделать второе: уточнить виды возбудителей трихофитии крупного рогатого скота.

Широкие микологические* исследования инфекционного (патологического) материала, поступившего из всех 15 республик страны, привели к не менее интересному результату. От больных животных выделялся только один вид возбудителя, дерматофита — *Trichophyton verrucosum*. Сообщения и утверждения о том, что у крупного рогатого скота при трихофитии выделяют несколько видов трихофитонов и болезнь у них полиэтиологична, не подтвердились.

Но этого тоже было еще недостаточно. Следовало выяснить, так ли обстоит дело в других регионах мира. Нельзя было исключить, что отличия экологических условий существования дерматофитов в других странах, особенно в тропиках, могли привести к паразитизму на животных иных видов возбудителей. Необходимо было заняться сбором материала от больных из других стран.

Исследование поступившего к нам материала от заболевших животных из Болгарии, Венгрии, Голландии, Дании, Египта, Канады, Кубы, Монголии, США, Франции, Чехословакии, Швеции, Югославии, т. е. почти со всех континентов — Европы, Азии, Африки и Америки, показало, что вид возбудителя трихофитии крупного рогатого скота в других странах тот же — *Trichophyton verrucosum*. Многочисленные сообщения о выделении от больного крупного рогатого скота других видов, например *Trichophyton mentagrophytes*, который является типичным возбудителем трихофитии пушных зверей, кроликов и других животных, не подтвердились. (Как тут не вспомнить меткое выражение Жан-Жака Руссо: «Тысячи путей ведут к заблуждению, только один к истине».)

Дальнейшими микологическими исследовани-

* *Микозы* (от греч. *mykēs* — гриб) — болезни человека и животных, вызываемые паразитическими грибами.

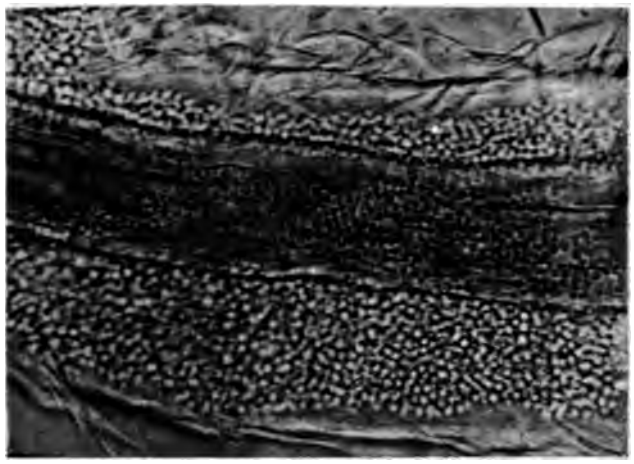


Рис. 10. Микроскопия пораженного трихофитией волоса крупного рогатого скота. Мицелий возбудителя, распавшийся на артроспоры (6—8 мкм). Возбудитель — *Trichophyton verrucosum*. Увеличение — 600 раз

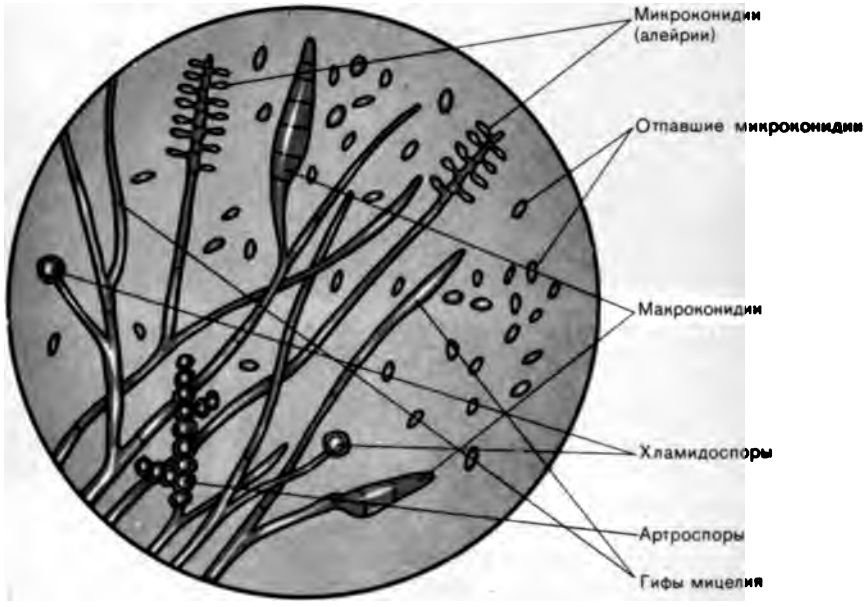


Рис. 11. Морфологические элементы культуры *Tr. verrucosum* (рисунок). Видна масса отпавших алейрий (микроконидий — носителей иммуногенности вакцин). Их размер 2—3 мкм

ций (титр) нарастали в период болезни, характеризовали тяжесть ее течения, но после выздоровления угасали до отрицательных, хотя невосприимчивость к трихофитии у переболевших сохранялась.

К тому же у нас и в других странах появились сообщения о полнейших неудачах, постигших исследователей при попытках найти вакцину против этой инфекции. Позже нам удалось понять причину этих неудач, но это было только позже.

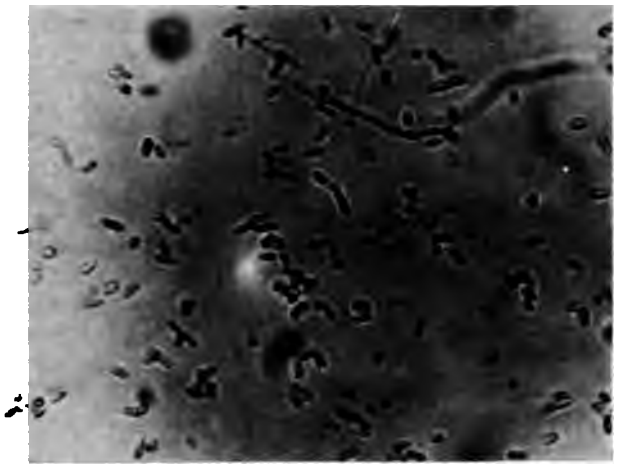
Прежде всего мы поняли, почему нельзя было придерживаться в работе аналогии с принципами создания бактериальных вакцин. Дерматофиты, когда они паразитируют в организме и когда растут на питательных средах, оказываются визуально (морфологически) различными.

ями удалось установить основные виды возбудителей дерматомикозов, поражающих лошадей, овец, верблюдов, северных оленей, пушных зверей, кроликов, нутрий, мелких лабораторных животных.

Располагая исходными достоверными данными о формировании невосприимчивости к трихофитии у крупного рогатого скота (с позиций современной иммунологии здесь пока еще много вопросов для размышлений и экспериментальных исследований), а также доказав моноэтиологичность заболевания у крупного рогатого скота, т. е. что оно везде вызывается одним и тем же возбудителем, наш коллектив (вместе с автором статьи работали В. П. Королева, С. В. Петрович, Л. И. Никифоров, Л. М. Яблочник) приступил к изысканию средства специфической профилактики — вакцины. Наш расчет на показания иммунно-диагностических реакций, как это делается при изучении бактериальных и вирусных инфекций, не оправдался. Показания таких реак-

В организме хозяина возбудитель поражает волос, здесь он размножается, здесь растут клетки (гифы мицелия), которые затем распадаются на отдельные фрагменты — артроспоры (рис 10). При росте же на искусственных питательных средах кроме вегетативной (растущей) части — гифов (тончайших, ветвящихся нитей) мицелия, возбудитель представлен также различными по форме и функциям клетками бесполого размножения — алейриями (рис. 11). Картина возбудителя в пораженном волосе и при росте на питательных средах не однозначна и не совпадает. Идентифицировать их по морфологическим признакам практически невозможно. Только пересевы и рост чистой культуры могут позволить отнести их к одному виду (рис. 9).

Эта диморфность свойственна и многим другим возбудителям микозов, особенно тропическим. Изменение условий существования — паразитизма в живых тканях или роста на питательных средах — приводит к такому различию мор-



Отмеченная диморфность привела нас к решению использовать не цельную культуру возбудителя, а дифференцировать ее в зависимости от морфологических особенностей содержащихся в ней клеток.

□

Для дифференцированного испытания иммуногенной активности клеток трихофитонов мы остановились на вегетативной части культуры — гифах мицелия, а также на клетках бесполого размножения — алейриях, или, как их еще называют, микроконидиях.

Нельзя сказать, что мы с самого начала предугадали, какие из этих клеток окажутся носите-

Рис. 12. Алейрии (микроконидии) в культуре возбудителя трихофитии крупного рогатого скота. Их размер 2—3 мкм. Увеличение — 600 раз

Рис 13. Зараженное контрольное неиммунизированное животное. Спустя 20—22 дня появились множественные очаги на том месте, куда была введена патогенная культура *Tr. verrucosum*

Рис. 14. Опытная корова, иммунизированная алейриями *Tr. verrucosum*. Признаков болезни нет

Рис. 15. Промышленное производство вакцины ЛТФ-130. Цех лиофильной сушки

фологических признаков возбудителя, что ряд патогенных грибов был даже ошибочно отнесен к группе возбудителей кровепаразитарных болезней, таких, например, как гистоплазмоз или кокцидиоидомикоз. Эта путаница продолжалась многие годы, пока не разобрались в цикле развития возбудителей и грибной этиологии болезней. Названия же болезней, к сожалению, остались прежними.

лями иммуногенных свойств. Так, после введения животному в целях иммунизации вегетативной части культуры — клеток мицелия при вторичном экспериментальном заражении у него проявлялась типичная клиника трихофитии. Формирования иммунитета установить не удалось. Подвергнутые же иммунизации алейриями животные не заболевали трихофитией.

Таким образом, выявилось, что одна и та же культура трихофитона содержала клетки, не обладающие профилактической иммуногенностью, хотя и вызывающие клиническое проявление трихофитии, — это мицелий, и клетки одной из стадий бесполого спороношения — алейрии, введение которых может быть средством профилактики животных от трихофитии.

Очень важен был способ введения возбудителя. Этому почему-то не придавали большого значения, хотя удачный выбор пути, по которому антиген должен проникнуть в организм, очень важен. В этом отношении показателен пример из области формирования иммунитета при вирусных инфекциях. Достаточно вспомнить, что еще в раннем возрасте нашим детям дают проглотить драже или конфетку, содержащую вакцину против полиомиелита, хотя вирус этой страшной детской болезни поражает нервную систему — спинной и головной мозг. В данном случае наиболее удачным оказался путь введения антигена через желудочно-кишечный тракт.

Общеизвестно, что при дерматомикозах поражается кожа и волосы. Во внутренних органах дерматофиты не размножаются.

Мы пытались вводить антиген подкожно, внутрикожно, внутривенно, но все эти пути не создавали прочного иммунитета. И только внутримышечное введение позволило вовлечь в процесс формирования иммунитета наиболее ответственные системы иммуногенеза у животного. Итак, опыты показали, что носителями иммуногенности возбудителя являются клетки бесполого размножения этой культуры — алейрии (рис. 12—14).

Это впервые установленное и ранее неизвестное свойство алейрий было взято за основу при отработке технологии промышленного производства вакцин против трихофитии животных* . После получения столь ценных результатов необходимо было провести опыты по формированию иммунитета у других полезных животных.

Нами было доказано, что не только крупный рогатый скот, но и лошади, овцы, пушные звери, кролики, естественно или экспериментально переболевшие трихофитией, формируют устойчивую невосприимчивость к повторному заражению. Трихофития у этих животных возникает от других видов возбудителя, близких к уже изуче ному для крупного рогатого скота. Использу предыдущий опыт работы, мы доказали высоку иммуногенную активность алейрий этих вид возбудителей трихофитии и тот факт, что у лош дей, пушных зверей и кроликов формирует прививной иммунитет.

Работы, начатые и выполненные в течени последних 10 лет, позволили разработать биоте нологию производства трех вакцин для специфи ческой профилактики трихофитии: крупного р гатого скота (А. Х. Саркисов, С. В. Петрови Л. И. Никифоров, Л. М. Яблочник), лошадей (П - 1 (А. Х. Саркисов, С. В. Петрович), пушны зверей и кроликов — МЕНТАВАК (А. Х. Саркисов, Л. И. Никифоров).

Вакцины удовлетворяют основным требова ниям по показателям иммуногенности, не вызы вают осложнений, безопасны для животных человека и при двукратном введении формирук у животных прочный, практически пожизненны иммунитет.

Производство вакцин поставлено на промыш ленную основу (рис. 15), ежегодно только дл крупного рогатого скота производятся много миллионы доз вакцины. Каждая их серия прохо дит государственный контроль, и можно толь ко пожелать, чтобы уровень контроля и требова ния к качеству выпускаемой вакцины не снижа лись.

□

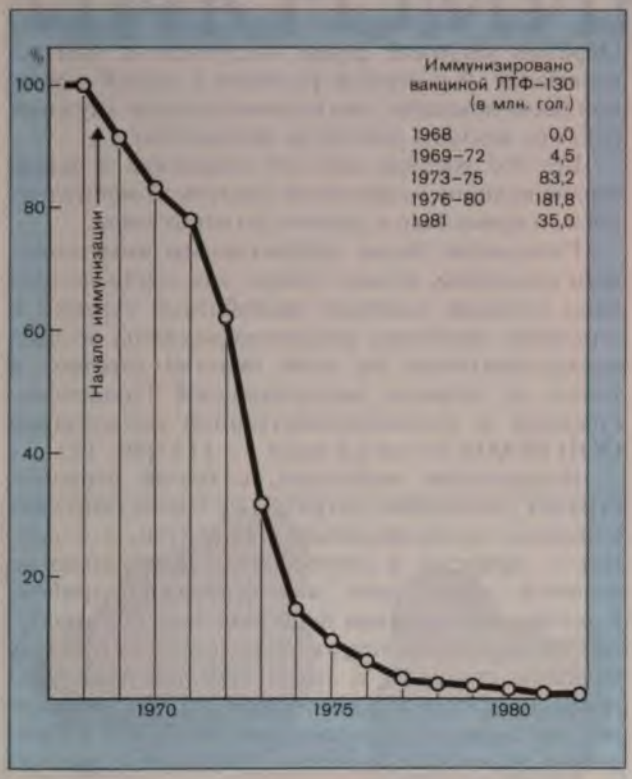
Вакцина для крупного рогатого скота выпуска ется в двух формах: жидкой — ТФ-130 и лиофи лизированной — ЛТФ-130. В настоящее время СССР ежегодно подвергается иммунизаци 30—35 млн. голов крупного рогатого скота, а годы, истекшие после нашего первого сообщени (Ветеринария, 1971, № 2), созданной вакцино иммунизировано более 300 млн. животны Животноводство нашей страны стало практич ски свободным от этой инфекции, конечно, исключением единичных ферм, где продолжак нарушать рекомендации ветеринарной службы о обязательной вакцинации животных. Анализ з болеваемости трихофитией крупного рогато скота за последние три пятилетия показали след ющее.

Таблица

Годы	Уровень иммунизации	Заболе
1966—1970	Не вакцинировали	100.
1971—1975	Первые годы применения	3
1976—1980	Широкое внедрение	Менее 1

* Общее количество заболевших в стране до вакцинац принято за 100%.

* 28 июля 1983 г. Госкомитетом СССР по делам изобретений и открытий вынесено решение о регистрации полученных результатов как открытия № 278 с приоритетом от 21 декабря 1967 г.



В настоящее время трихофития как эпизоотия по всей стране ликвидирована (рис. 16).

Это изменило количественное соотношение (структуру) инфекционных болезней крупного рогатого скота. Если 10—15 лет назад трихофития составляла 42—45% от всех инфекций, то в настоящее время — это менее одного процента (0,6). После создания противооспенной вакцины потребовалось 180 лет, чтобы мир победил оспу людей, и вакцинация оказалась мерой решающей. При наличии высокоиммунной вакцины в нашей стране трихофития крупного рогатого скота была побеждена за десять лет.

Производство вакцин для лошадей (С-П-1) и пушных зверей (МЕНТАВАК) также поставлено на промышленную основу. Каждая серия проходит государственный контроль. Объем производства полностью обеспечивает потребности в вакцинах коневодческих, звероводческих и кролиководческих ферм.

Рис. 16. Результаты вакцинации крупного рогатого скота против трихофитии за 1970—1981 гг. — количество больных животных на всей территории СССР упало за это время со 100 до 0,6%

Рис. 17. Карта распространения в мире трихофитии крупного рогатого скота

Устранена и опасность ввоза этой инфекции из других стран, где стригущего лишая более чем достаточно: все закупаемые для племенных целей животные — лошади, крупный рогатый скот, пушные звери, высокоплеменные кролики или нутрии — при поступлении иммунизируются.

□

Многие страны Европы, Азии и Америки, где распространены дерматомикозы, проявили интерес к советским вакцинам, на которые нам выданы патенты.

С 1976 г. начался экспорт вакцины для крупного рогатого скота и из других стран были получены данные о ее эффективности. Так, в Чехословакии за 1976—1980 гг. было вакцинировано 7,3 млн. голов крупного рогатого скота, количество неблагополучных пунктов снизилось в 10 раз, а больных — в 12 раз. Проблема трихофитии перестала беспокоить животноводство этой и других социалистических стран, где она используется.

В одном из крупных животноводческих районов Норвегии — Гаусдал за 1979—1981 гг. было привито свыше 250 тыс. голов крупного рогатого скота, и сейчас фермы этого региона свободны от стригущего лишая. Приступили к иммунизации животных советской вакциной в Швеции и Финляндии, где также дана позитивная оценка активности этого препарата.

И все же нельзя было быть уверенным, что наша вакцина окажется эффективной во всех странах, особенно территориально от нас отдаленных. Чтобы проверить, так ли это, мы провели сложный опыт. Было взято десять групп телят, ранее не болевших трихофитией, из которых девять проиммунизировали вакциной ЛТФ-130. Одна группа не вакцинировалась. После иммунизации все группы были заражены возбудителями стригущего лишая. Одна группа — возбудителем трихофитии, выделенным в нашей стране, восемь — возбудителями «иностранного» происхождения, из Австрии, Венгрии, Голландии, Дании, Кубы, Монголии, США, Чехословакии, т. е. штаммами трех континентов — Европы, Азии и Америки. Была заражена и контрольная десятая невакцинированная группа. Результаты сняли наши опасения. Наша вакцина предупредила заражение животных от патогенных возбудителей трихофитии из других стран.

Придерживаясь правила «Никогда не думайте, что вы все уже знаете» (И. Павлов), мы решили выяснить, будет ли эффективна наша вакцина, изготовленная в других странах. В 1979 г., после того как одна из крупных американских компаний American Home Products Corporation приобрела лицензию на нашу вакцину, мы выслали штамм и технологию производства вакцины, после чего в Fort Dodge Laboratories она была изготовлена по нашей методи Образцы опытной серии поступили к нам испытание, и в равных условиях с нашей вакц ной было показано, что изготовленная и «чужи руками» вакцина дает те же результаты.

Все это убедило нас, что созданная в наш стране вакцина может быть с высокой эффекти ностью применена в разных регионах мира.

Располагая таким эффективным иммуноге ным средством, можно теперь, как это было сд лано с оспой, заняться разработкой тактики стратегии широкого внедрения вакцины во вс неблагополучных по этой болезни странах, таких, по данным международной Продовол ственной и сельскохозяйственной организац ООН (ФАО), не так уж мало — 113 (рис. 17).

Искоренение инфекции, с одной сторон оградит дальнейшее загрязнение среды обитан животных возбудителями трихофитии, а с др гой — приведет к неизбежному вымиранию внешней среде этих паразитических грибо Конечно, для решения подобной задачи потреб ется взаимопонимание и сотрудничество меж многими странами, а также помощь Междун родного эпизоотического бюро (МЭБ), Всеми ной организации здравоохранения (ВОЗ) и Пр довольственной и сельскохозяйственной орган зации ООН (ФАО).

Как уже упоминалось, совет ВОЗ, созванн в 1982 г. в Новой Зеландии, подчеркнул значен проблемы дерматомикозов животного проис ждения для людей. Совет обратил внимание результаты работ по созданию средств специф ческой профилактики в Советском Союзе, можно надеяться, что этот опыт будет рекоменд ван всем странам — членам ВОЗ, которых, к известно, 161. Здравоохранение мира несомнен заинтересовано в борьбе со стригущим лиша животных, поскольку заболевшие являют основными источниками заражения населен как сельского, так городского.

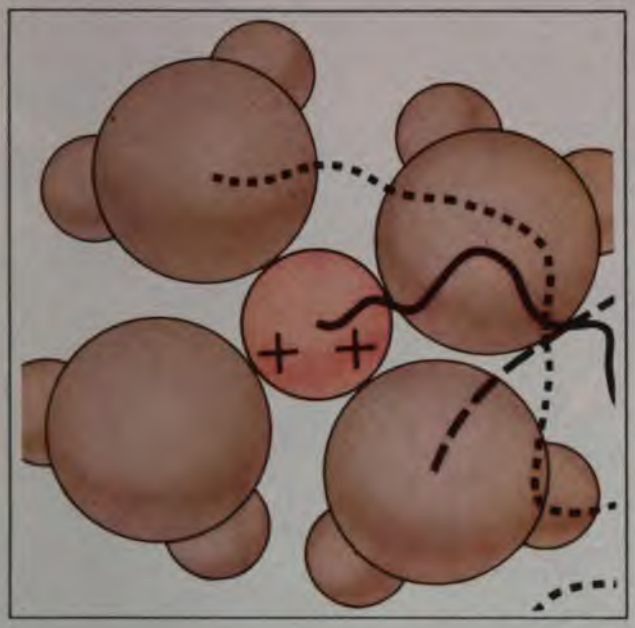
Наша работа должна быть продолжена. Пре стоит отыскать средства борьбы еще с цел группой микозов человека и животных. Дальне шее изучение свойств других дерматофит позволит создать препараты для специфическ профилактики трихофитии у овец, северных ол ней, верблюдов, а также мелких домашн животных (собак, кошек). Недостаточно изучен пока клеточные факторы иммунитета при трих фитии, здесь много интересного еще впере Необходимо глубже исследовать проблемы и муногенности также и при тропических микоза

В заключение следует подчеркнуть, ч достигнутые нами результаты могли быть пол чены лишь при активном участии практическ работников сельскохозяйственных органов местах и постоянной помощи ветеринарной гос дарственной службы министерств сельского х зяйства СССР и союзных республик.

МИКРОМИР

**Мы убеждены, что будет найден общий закон,
который позволит нам понять,
почему в природе существует такое количество
«элементарных» частиц, понять,
чем обусловлены их разнообразные свойства
и их взаимные превращения друг в друга.**

И. Тамм



К. ЛАНИУС
Глюоны —
переносчики
ядерных сил

Н. Б. БРАНДТ,
М. И. КАГАНОВ,
И. М. ЛИФШИЦ
Новый тип
фазовых переходов
в металлах

Н. В. КАРЛОВ,
А. М. ПРОХОРОВ
Квантовая
электроника
и молекулы

Г. ГЕРЦ
Структура жидкостей
и движение молекул

Х. МАТТИС
Память:
молекулярные механизмы

лями иммуногенных свойств. Так, после введения животному в целях иммунизации вегетативной части культуры — клеток мицелия при вторичном экспериментальном заражении у него проявлялась типичная клиника трихофитии. Формирования иммунитета установить не удалось. Подвергнутые же иммунизации алейриями животные не заболевали трихофитией.

Таким образом, выявилось, что одна и та же культура трихофитона содержала клетки, не обладающие профилактической иммуногенностью, хотя и вызывающие клиническое проявление трихофитии, — это мицелий, и клетки одной из стадий бесполого спороношения — алейрии, введение которых может быть средством профилактики животных от трихофитии.

Очень важен был способ введения возбудителя. Этому почему-то не придавали большого значения, хотя удачный выбор пути, по которому антиген должен проникнуть в организм, очень важен. В этом отношении показателен пример из области формирования иммунитета при вирусных инфекциях. Достаточно вспомнить, что еще в раннем возрасте нашим детям дают проглотить драже или конфетку, содержащую вакцину против полиомиелита, хотя вирус этой страшной детской болезни поражает нервную систему — спинной и головной мозг. В данном случае наиболее удачным оказался путь введения антигена через желудочно-кишечный тракт.

Общеизвестно, что при дерматомикозах поражается кожа и волосы. Во внутренних органах дерматофиты не размножаются.

Мы пытались вводить антиген подкожно, внутрикожно, внутривенно, но все эти пути не создавали прочного иммунитета. И только внутримышечное введение позволило вовлечь в процесс формирования иммунитета наиболее ответственные системы иммуногенеза у животного. Итак, опыты показали, что носителями иммуногенности возбудителя являются клетки бесполого размножения этой культуры — алейрии (рис. 12—14).

Это впервые установленное и ранее неизвестное свойство алейрий было взято за основу при отработке технологии промышленного производства вакцин против трихофитии животных*. После получения столь ценных результатов необходимо было провести опыты по формированию иммунитета у других полезных животных.

Нами было доказано, что не только крупный рогатый скот, но и лошади, овцы, пушные звери, кролики, естественно или экспериментально переболевшие трихофитией, формируют устойчивую невосприимчивость к повторному заражению. Трихофития у этих животных возникает от других видов возбудителя, близких к уже изученному для крупного рогатого скота. Используя предыдущий опыт работы, мы доказали высокую иммуногенную активность алейрий этих видов возбудителей трихофитии и тот факт, что у лошадей, пушных зверей и кроликов формируется прививной иммунитет.

Работы, начатые и выполненные в течение последних 10 лет, позволили разработать биотехнологию производства трех вакцин для специфической профилактики трихофитии: крупного рогатого скота (А. Х. Саркисов, С. В. Петрович, Л. И. Никифоров, Л. М. Яблочник), лошадей С-П - 1 (А. Х. Саркисов, С. В. Петрович), пушных зверей и кроликов — МЕНТАВАК (А. Х. Саркисов, Л. И. Никифоров).

Вакцины удовлетворяют основным требованиям по показателям иммуногенности, не вызывают осложнений, безопасны для животных и человека и при двукратном введении формируют у животных прочный, практически пожизненный иммунитет.

Производство вакцин поставлено на промышленную основу (рис. 15), ежегодно только для крупного рогатого скота производятся многие миллионы доз вакцины. Каждая их серия проходит государственный контроль, и можно только пожелать, чтобы уровень контроля и требования к качеству выпускаемой вакцины не снижались.

□

Вакцина для крупного рогатого скота выпускается в двух формах: жидкой — ТФ-130 и лиофилизированной — ЛТФ-130. В настоящее время в СССР ежегодно подвергается иммунизации 30—35 млн. голов крупного рогатого скота, а за годы, истекшие после нашего первого сообщения (Ветеринария, 1971, № 2), созданной вакциной иммунизировано более 300 млн. животных. Животноводство нашей страны стало практически свободным от этой инфекции, конечно, за исключением единичных ферм, где продолжают нарушать рекомендации ветеринарной службы об обязательной вакцинации животных. Анализ заболеваемости трихофитией крупного рогатого скота за последние три пятилетия показали следующее.

Таблица

Годы	Уровень иммунизации	Заболело, %
1966—1970	Не вакцинировали	100,0*
1971—1975	Первые годы применения	35,0
1976—1980	Широкое внедрение	Менее 1,0

* Общее количество заболевших в стране до вакцинации принято за 100%.

* 28 июля 1983 г. Госкомитетом СССР по делам изобретений и открытий вынесено решение о регистрации полученных результатов как открытия № 278 с приоритетом от 21 декабря 1967 г.

Карл ЛАНИУС (Lanius) (р. 1927) — немецкий (ГДР) физик, доктор естественных наук, профессор, действительный член Академии наук ГДР, директор Института физики высоких энергий Академии наук ГДР.

С 1946 по 1952 изучал физику в Техническом университете и университете им. Гумбольдта в Берлине. В 1962 защитил в университете им. Гумбольдта диссертацию по пион-нуклонному взаимодействию при высоких энергиях.

Работал как физик-экспериментатор в области космических лучей и физики элементарных частиц. Автор и соавтор многих научных публикаций, главным образом по физике сильных взаимодействий. Сейчас его интересы связаны со спектроскопией адронов.

С 1969 по 1972 возглавлял физико-математическое отделение в Академии наук ГДР. С 1974 по 1976 был вице-директором Объединенного института ядерных исследований в Дубне, в работе которого продолжает принимать активное участие и поныне.

На протяжении многих лет участвует в деятельности Международного союза чистой и прикладной физики.

Научные заслуги Карла Лапиуса отмечены правительственными наградами. В 1967 он был удостоен Национальной премии в области науки и техники ГДР, а в 1976 награжден советским орденом Дружбы народов.

Карл ЛАНИУС

Глюоны — переносчики ядерных сил

Не проходит и дня, чтобы в наше сознание так или иначе не проникали два понятия: атомная бомба и атомный реактор. В основе того и другого — и оружия, ставящего под угрозу жизнь на Земле, и источника энергии, необходимого для удовлетворения наших насущных потребностей, — лежат одни и те же силы природы — ядерные силы, или, как их называют физики, сильные взаимодействия.

В отличие от таких известных уже не одно столетие фундаментальных сил природы, как гравитация и электромагнитные силы, сильное взаимодействие было открыто лишь несколько десятилетий назад. Это связано с тем, что ядерные силы действуют на чрезвычайно малых расстояниях порядка 10^{-13} см, в то время как гравитация проявляется на сколь угодно больших расстояниях.

Исследование строения атома началось около 70 лет назад в Манчестерском университете. Два молодых сотрудника Э. Резерфорда (Rutherford) Г. Гейгер (Geiger) и Э. Марсден (Marsden) бомбардировали тонкую золотую фольгу α-частицами (быстрыми ядрами гелия) из радиоактивного источника и наблюдали на флюоресцирующем экране их дальнейший путь после прохождения через фольгу. Большинство частиц пролетало сквозь многочисленные слои атомов в золотой фольге, не испытывая заметных отклонений от своей первоначальной траектории (угол отклонения $< 1°$). Но в редких случаях α-частицы рассеивались на очень большой угол. Резерфорд первым понял, что означает результат этого эксперимента: рассеяние α-частиц на большой угол возможно лишь в том случае, если атом обладает плотным, компактным ядром, в котором сосредоточен весь положительный заряд атома, а отрицательно заряженные электроны вращаются вокруг ядра по орбитам, радиус которых значительно превышает его размер (рис. 1).

Так Резерфорд открыл атомное ядро. В то же время эксперимент, проведенный его сотрудниками, обогатил экспериментальную физику методом, позволившим в дальнейшем все более глубоко исследовать строение материи.

В 30-е годы эксперименты по рассеянию позволили сделать вывод о наличии структуры и у самого атомного ядра. Оказалось, что оно состоит из протонов p с положительным электрическим зарядом и близких к ним по массе нейтронов n, не имеющих электрического заряда.

Ныне мы знаем, что протон и нейтрон также обладают внутренней структурой. Они состоят, насколько известно, из элементарных «точечных кирпичиков» — партонов, или, как их чаще называют, кварков q (рис. 2). Внутренняя структура протона была исследована так же, как в свое время внутреннее строение атома. Но «снарядами» для обстрела служили не α-частицы, испускаемые радиоактивным источником, а электроны, разогнанные на мощном ускорителе до высоких энергий.

Наиболее высокие энергии достигаются с помощью встречных пучков частиц, например, при столкновении электронного пучка с пучком позитронов e^+ (античастиц по отношению к электронам e^-)* (рис. 3, 4). При высокоэнергетическом соударении происходит не только рассеяние обеих сталкивающихся частиц. Более частый процесс — взаимодействие, приводящее к рождению большого числа частиц и античастиц, разлетающихся во все стороны от той точки, в которой произошло взаимодействие. Поэтому современные экспериментальные установки — это не флюоресцирующие экраны, а, как правило, сложные сооружения, состоящие из различных электронных детекторов, расположенных вокруг точки, в которой происходит взаимодействие частиц. Эти установки позволяют регистрировать почти все рожденные частицы и измерять такие их параметры, как заряд, энергия и импульс (рис. 5).

Частицы с высокой энергией служат своеоб-

* Самые высокие энергии получены в $p\bar{p}$ столкновении на так называемых колайдерах. — *Ред.*

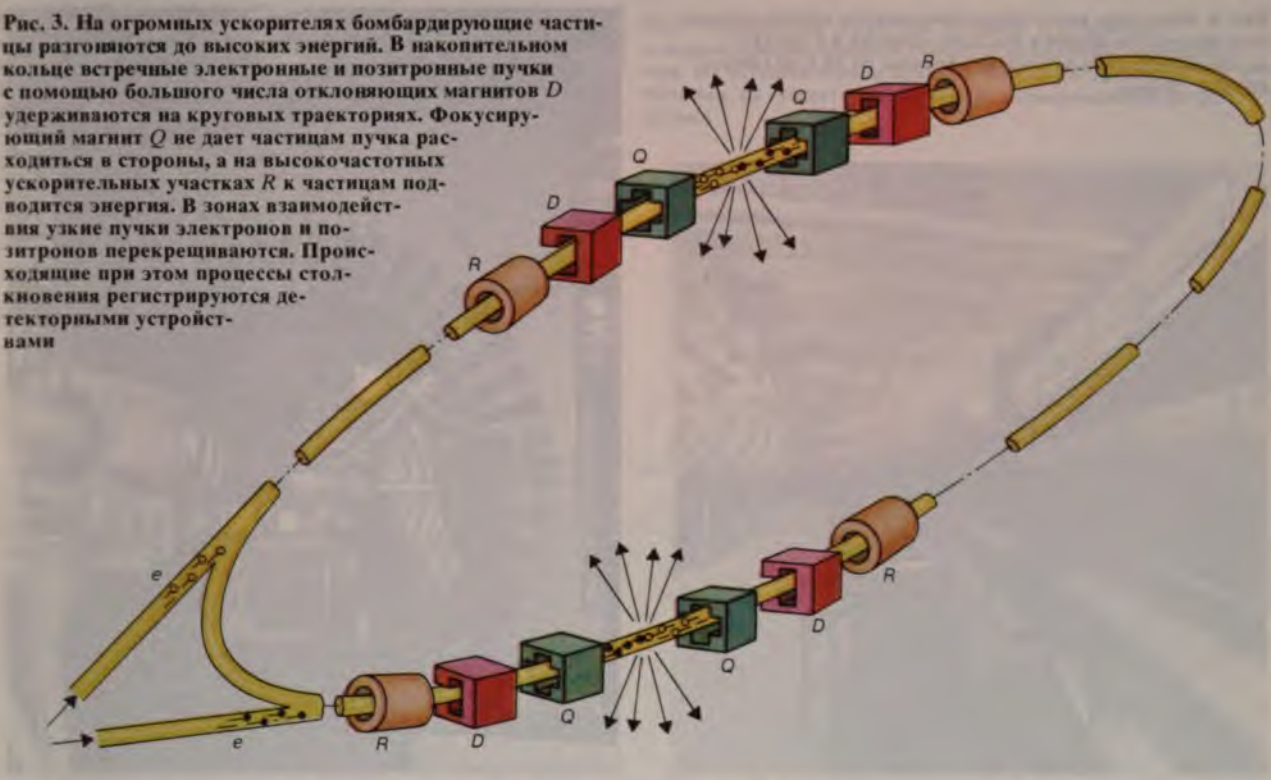


Рис. 3. На огромных ускорителях бомбардирующие частицы разгоняются до высоких энергий. В накопительном кольце встречные электронные и позитронные пучки с помощью большого числа отклоняющих магнитов D удерживаются на круговых траекториях. Фокусирующий магнит Q не дает частицам пучка расходиться в стороны, а на высокочастотных ускорительных участках R к частицам подводится энергия. В зонах взаимодействия узкие пучки электронов и позитронов перекрещиваются. Происходящие при этом процессы столкновения регистрируются детекторными устройствами

«кирпичики» адронной материи почти на десять лет старше экспериментов по глубоконеупругому рассеянию, доказавших существование самих кварков.

В 30-х годах физики знали только о трех элементарных частицах: протоне p, нейтроне n и электроне e^- и строили предположения о существовании нейтрино ν_e, которое возникает при радиоактивном распаде нестабильного нейтрона ($n \to p + e^- + \nu_e$).

В середине 30-х годов Х. Юкава (Yukawa) предложил для объяснения короткодействующих ядерных сил следующую схему. Ядерные силы возникают из-за обмена между нуклонами гипотетическими частицами — мезонами. Чтобы радиус действия сил был равен $\sim 10^{-13}$ см, мезон должен обладать массой покоя примерно в 300 раз большей, чем электрон.

В конце 40-х годов С. Ф. Пауэлл (Powell) и его сотрудники обнаружили в космических лучах нестабильные частицы, свойства которых совпадали со свойствами предложенных Юкавой мезонов. Эти частицы в настоящее время принято называть π-мезонами. Наблюдаемые мезоны находятся в трех зарядовых состояниях (π^+, π°, π^-).

В следующие два десятилетия в космических лучах и с помощью больших ускорителей, например синхроциклотрона Объединенного института ядерных исследований в Дубне, было открыто несколько десятков новых частиц. В этой работе активное участие принимали ученые Института физики высоких энергий АН ГДР. Открытые короткоживущие частицы можно разделить на две большие группы: мезоны с целым спином J и барионы с полуцелым спином. Самый легкий из барионов — протон, самый легкий из мезонов — π-мезон. Мезоны и барионы определяют сильные взаимодействия, поэтому их стали называть адронами.

Пытаясь систематизировать открытые до 1964 г. адроны, М. Гелл-Манн (Gell-Mann) и Цвейг (Zweig) высказали предположение, что все адроны состоят из трех различных кварков q или соответствующих антикварков $\bar{q}$. Сначала кварки рассматривались как чисто математические объекты, позволяющие упростить классификацию адронов и свести их в большие семейства.

Однако по мере накопления экспериментальных данных и развития теоретических представлений, в особенности после открытия в середине 70-х годов Б. Рихтером (Richter) и С. Тингом (Ting) с сотрудниками новой частицы (ψ-мезона), физики стали все более склоняться к убеждению в реальности существования кварков, хотя эти частицы, в отличие от всех известных, обладают дробным электрическим зарядом. При исследовании свойств Ψ-мезонов было получено подтверждение гипотезы, высказанной ранее М. Гелл-Манном о том, что существуют не три, а четыре различных типа кварков.

После того как в 1979 г. Л. Ледерман (Lederman) с сотрудниками экспериментально доказали существование Υ-мезонов и исследовали

Рис. 4. Фрагмент полуторакилометрового кольца ускорителя Института физики высоких энергий в Серпухове, позволяющего разгонять протоны до 76 ГэВ (фото ОИЯИ, Дубна)

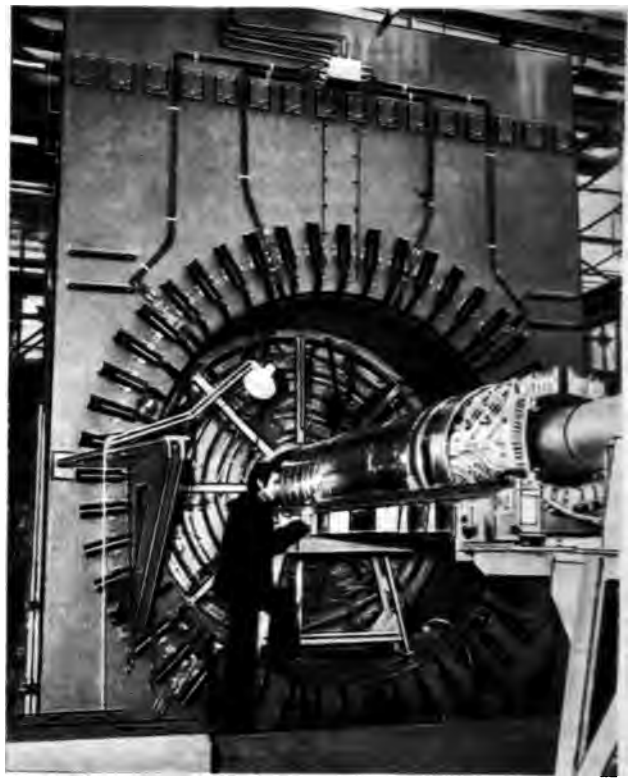


Рис. 5. Фрагмент экспериментальной установки, действующей на позитрон-электронном кольце PETRA в Гамбургском исследовательском центре DESY (фото DESY)

их свойства, стало ясно, что существует пятый кварк.

Основанием для введения кварков прежде всего была надежда свести все многообразие адронов к различным комбинациям нескольких элементарных «кирпичиков». В случае атомов аналогичная цель была достигнута с помощью только одной элементарной частицы: электрона. Помещая разное количество электронов на орбиты вокруг ядер, можно построить любой элемент. Сами атомные ядра отличаются друг от друга лишь числом входящих в их состав протонов и нейтронов — здесь удается обойтись двумя частицами.

Именно поэтому так важен вопрос, сколько различных кварков необходимо для построения всех адронов. Три сорта первоначально введенных кварков теперь называют *u*-кварком (up), *d*-кварком (down) и *s*-кварком (strange). В отличие от всех субатомных частиц, заряд которых либо равен нулю, либо кратен заряду электрона, Гелл-Манн и Цвейг приписали *d*- и *s*-кваркам заряд — $\frac{1}{3}$, а *u*-кварку — заряд $+\frac{2}{3}$ (если за единицу принять заряд Q_0 электрона).

Так как *d*- и *s*-кварки обладают одинаковым электрическим зарядом, они должны отличаться каким-то другим физическим свойством. Чтобы описать это отличие, ввели новый заряд Q_s, названный странностью, и приписали *d*- и *u*-кваркам нулевое его значение, а для *s*-кварка $Q_s = 1$. В сильных взаимодействиях странность сохраняется точно так же, как сохраняется электрический заряд. Однако в отличие от электрического заряда, странность, насколько сейчас известно, не связана ни с каким взаимодействием. Аналогично для четвертого кварка придумали свой заряд (или квантовое число) — charm, что означает очарование. Только эти кварки, названные *c*-кварками, имеют очарование, отличное от нуля. Пятый (*b* кварк) несет свой, отличный от нуля заряд *b* (название заряда происходит от слова beauty — красота или bottom quark — нижний кварк). Иногда говорят, что все сорта кварков отличаются друг от друга значением квантового числа, названного flavour, что означает — аромат. Пока обнаружено пять сортов кварков, но большинство физиков уверено, что должен существовать шестой *t*-кварк (top-quark — верхний кварк).

Все надежно идентифицированные к настоящему времени адроны (более ста мезонов и барионов) состоят из кварков пяти типов (*u*, *d*, *s*, *c*, *b*) с различными значениями квантового числа «flavor». При этом все барионы строятся из трех кварков, а все мезоны — из одного кварка и одного антикварка (рис. 6, 7). Например, протон можно составить из двух *u*-кварков и одного *d*-кварка, в то время как нейтрон состоит из одного *u*-кварка и двух *d*-кварков (в силу чего их заряды компенсируются и полный заряд нейтрона оказывается равным нулю).

Рис. 6. Кварковая структура барионов, т. е. адронов с полуцелым спином. Из четырех кварков можно построить 20 барионов. К настоящему времени удалось наблюдать лишь барионы, находящиеся в основании тетраэдра

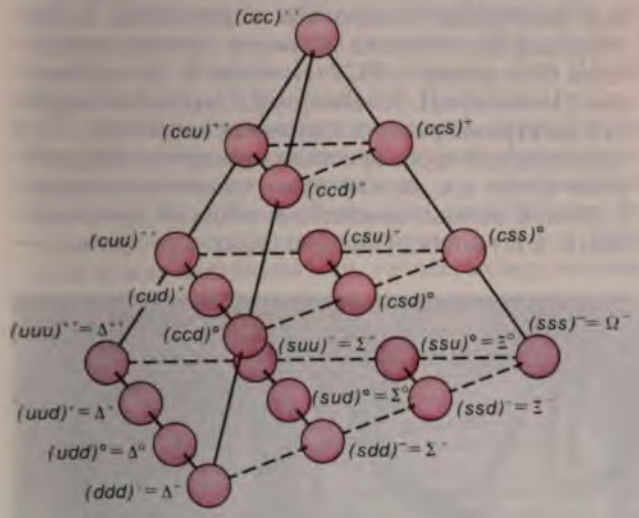
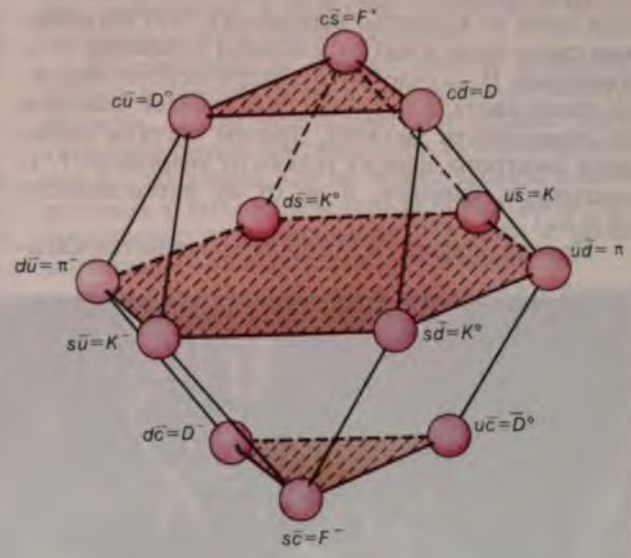


Рис. 7. Кварковая структура мезонов, т. е. адронов с целым спином. Мезоны строятся из кварков и антикварков. Из четырех сортов кварков можно построить 15 мезонов, их существование сейчас экспериментально доказано



Обширные экспериментальные и теоретические исследования, проведенные в 70-е годы, укрепили нас во мнении, что все адроны состоят из кварков. Что же касается самих кварков, то их (по крайней мере пока) рассматривают как бесструктурные элементарные частицы с дробным электрическим зарядом и спином $J = 1/2$. Но наиболее поразительное свойство кварков состоит в том, что до сих пор ни в одном эксперименте не удавалось вызволить их из заточения внутри адронов и выпустить на свободу. Возможно, что при изучении субатомного мира мы дошли до такого слоя, в котором соответствующие элементарные «кирпичики» хотя и существуют, но неотделимы друг от друга.

Квантовая электродинамика

Наряду с представлением об «кирпичиках» материи физиков интересует проблема фундаментальных сил, действующих между элементарными частицами. И в этой области за последние годы теоретические и экспериментальные исследования достигли больших успехов.

Прежде чем говорить о том, каким образом осуществляется сильное взаимодействие между кварками, кратко опишем теорию электромагнитных взаимодействий — квантовую электродинамику. Математическая схема квантовой электродинамики, дающей замечательное согласие с экспериментальными данными, служит своего рода эталоном для теории сильных взаимодействий.

До сих пор речь шла только о частицах и силах. Современные теории требуют введения еще одного фундаментального понятия — поля. Говорят, что задано поле, если каждой точке пространства-времени поставлена в соответствие некоторая величина. Это может быть скаляр, например, температура воздуха в разных точках земного шара, в разное время суток описывается скалярным полем. Если же каждой точке поставлен в соответствие объект, который характеризуется не только величиной, но и направлением, то он описывается векторным полем и т. д.

Классическая теория поля электромагнитных явлений была сформулирована более века назад Дж. К. Максвеллом (Maxwell). Теория Максвелла исходила из предположения, что каждый электрический заряд окружен электрическим полем, простирающимся до бесконечности, а движение заряда создает магнитное поле, также простирающееся до бесконечности. Оба поля имеют векторный характер.

Если электрический заряд колеблется, то в пространстве возникает распространяющаяся по всем направлениям волна. Ее скорость приблизительно равна $3 \cdot 10^8$ м/с, т. е. скорости света. Свет есть не что иное, как волновое распространение электромагнитного поля.

В 1880 г. Г. Герц (Hertz) показал, что колебания электрического тока в проводнике сопровождаются испусканием электромагнитных волн,

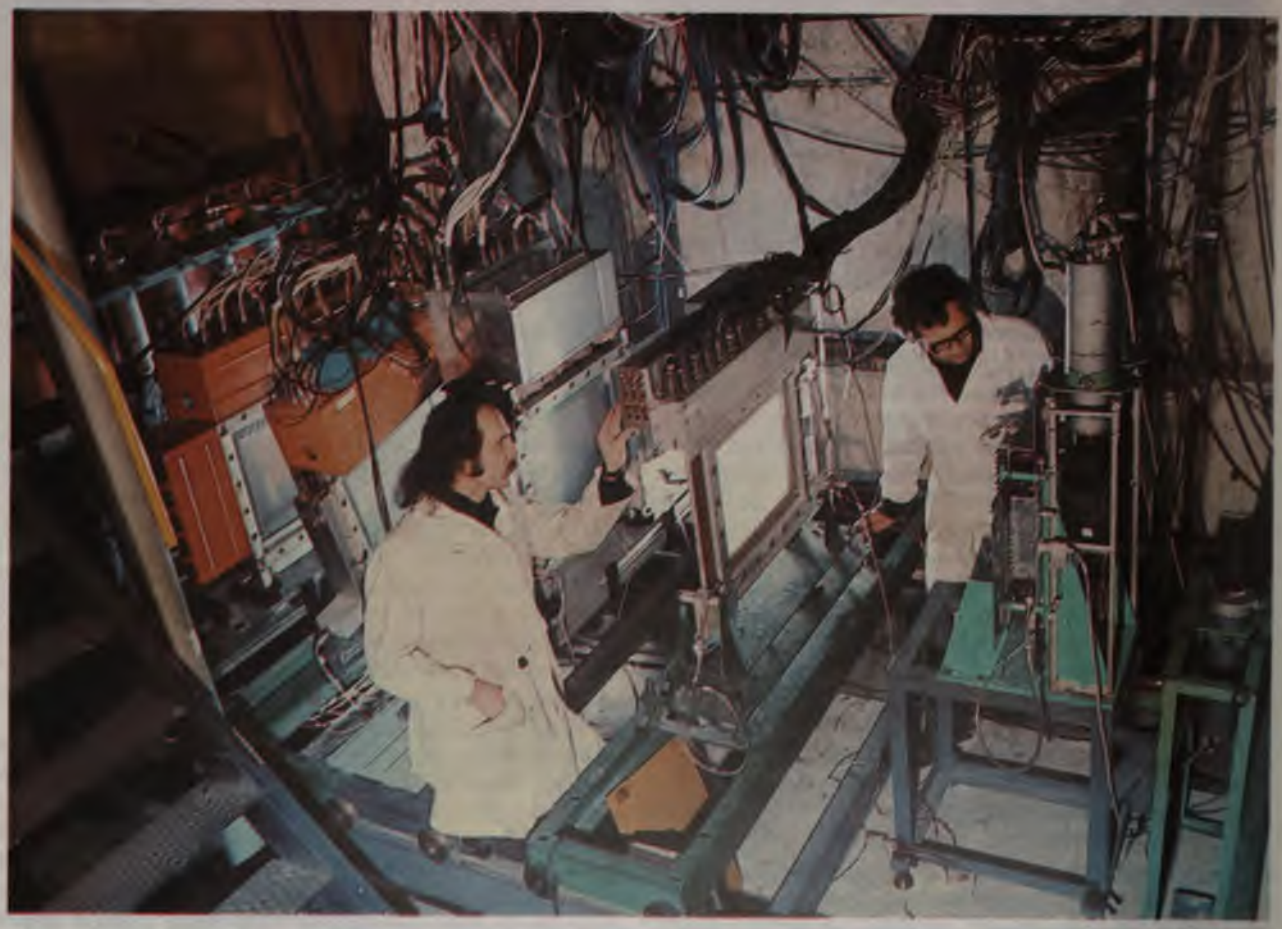
которые вызывают в другом проводнике, находящемся даже на значительном расстоянии от первого, индукционные токи. Волны Герца были радиоволнами, возбуждаемыми колебаниями токов в антеннах и отличающимися от световых волн только длиной волны или частотой.

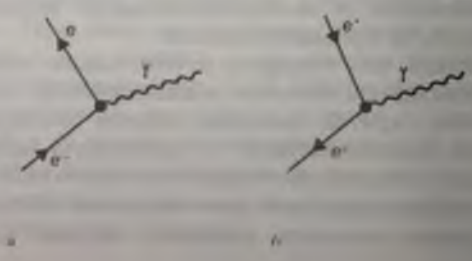
При исследовании действия электромагнитных волн на вещество выяснилось, что поглощение света происходит отдельными порциями, т. е. квантами. В случае фотоэлектрического эффекта квант света, или фотон, γ вырывает электрон из поверхности металла, причем энергия выбитого электрона зависит только от энергии E, т. е. частоты ν, фотонов, а не от их интенсивности ($E=h\nu$).

Другой эффект, в котором проявляется квантовый характер электромагнитных волн, — открытое в 1932 г. К. Д. Андерсоном (Anderson) рождение электрон-позитронных пар в космических лучах. Электромагнитное излучение с очень малой длиной волны (γ-излучение) в поле атомного ядра превращается в электрон-позитронную пару ($\gamma \rightarrow e^+ + e^-$). Так как масса покоя электрон-позитронной пары составляет около 1 МэВ/c^2, энергия γ-кванта должна быть не меньше. Если она больше, то избыток энергии уносится в виде кинетической энергии образовавшейся пары частиц.

Электромагнитное излучение проявляет двойственный характер: оно ведет себя как волна в процессах распространения и как частица в процессах испускания и поглощения.

До сих пор мы рассматривали частицы, например электроны, только как корпускулы. Существенный шаг вперед в познании природы микромира был сделан в 1927 г., когда К. Дж. Дэвиссон (Davisson) и Л. Х. Джермер (Germer) показали, что электроны распространяются как волны. При прохождении через кристалл электроны дифрагируют точно так же, как электромагнитные волны с длиной волны, лежащей в области рентгеновского излучения. Подобно тому как фотон —





квант электромагнитного поля, электрон — квант соответствующего электронного поля.

Фундаментальными понятиями квантовой электродинамики являются электромагнитное поле и поле лептонов, обладающих электрическим зарядом. Первая формулировка квантовой электродинамики была предложена в 20-х годах П. А. М. Дираком (Dirac). Окончательный вариант теории сложился в конце 40-х годов в работах Р. Ф. Фейнмана (Feynman), Дж. Швингера (Schwinger), Х. Томонага (Tomonaga) и др.

Фейнман предложил описывать сложные математические выражения квантовой электродинамики простыми рисунками — диаграммами (рис. 9). Диаграммы Фейнмана схематически показывают пространственно-временной ход реакций между частицами или, точнее, между полями.

Рис. 8. Коллективу ученых из Объединенного института ядерных исследований в сотрудничестве с институтами стран — участниц ОИЯИ, в том числе Институтом физики высоких энергий АН ГДР, недавно удалось экспериментально обнаружить относящийся к сильному взаимодействию стабильный барион Λ_c, состоящий из кварков *(udc)*. Частицы, которые содержат наряду с *u*-, *d* и *s*-кварками один и более *c*-кварков, до этого были идентифицированы в небольшом числе случаев. Доказательство получено с помощью большого искрового спектрометра (БИС) на ускорителе в Институте физики высоких энергий в Серпухове (фото Ю. А. Туманова)

Рис. 9. Диаграммы Фейнмана, описывающие процессы, происходящие в пространстве-времени. Электроны изображены линиями со стрелкой, указывающей положительное направление времени. Стрелка в противоположном направлении соответствует позитронам. Распространение фотонов — волнистая линия. Фейнмановские диаграммы позволяют наглядно представить ход процессов. Все электромагнитные взаимодействия сводятся к определенной последовательности элементарных процессов, в которых в одной точке (вершине) сходятся три линии. Различные варианты основного процесса следующие: *а* — испускание фотона электроном (тормозное излучение); *б* — испускание фотона позитроном; *в* — простое взаимодействие (упругое рассеяние двух электронов). Электрон в точке *(1)* пространства-времени испускает виртуальный фотон, который поглощается в точке *(2)* пространства-времени вторым электроном; *г* — простейшая диаграмма Фейнмана для описания рождения пары мюонов при аннигиляции электрон-позитронной пары через обмен виртуальным фотоном. Наряду с простыми процессами, протекающими с обменом одним виртуальным фотоном, существует много других взаимодействий, включающих, например, рождение и поглощение виртуальной e^+e^--пары *(д)* или виртуального фотона *(е)*

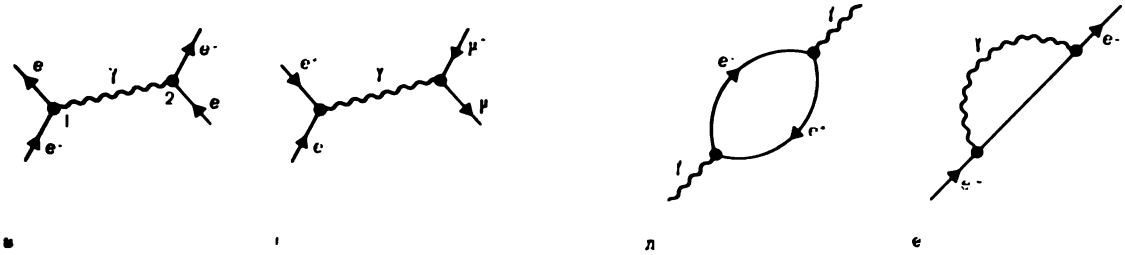
Взаимодействие двух частиц, например упругое рассеяние двух электронов, квантовая электродинамика описывает как процесс, в котором один из электронов испускает в некоей точке пространства-времени фотон, поглощаемый в другой точке пространства-времени вторым электроном. Взаимодействие между двумя электронами, приводящее к упругому рассеянию, осуществляется за счет обмена фотоном.

Участвующий в обмене фотон существует только в течение весьма короткого промежутка времени. После испускания его должна поглотить либо другая частица, либо та частица, которая его испустила. Он не может улететь в бесконечность и его никогда нельзя обнаружить непосредственно в эксперименте. Частицы с такими свойствами называются виртуальными.

В квантовой электродинамике каждое взаимодействие описывается как локальное испускание, распространение или локальное поглощение виртуальных частиц. Распространение виртуальных частиц всегда связано с временным нарушением законов сохранения энергии и импульса. Такое нарушение в рамках соотношения неопределенности Гейзенберга вполне допустимо.

Существенно изменяются в квантовой электродинамике и наши представления о вакууме — пустом пространстве. Квантовая электродинамика показывает нам, что рождение на малое время частиц — возможный и реализуемый в природе процесс. В частности, в вакууме могут рождаться и снова уничтожаться электрон-позитронные пары. Из-за существования электромагнитного взаимодействия вакуум обладает скрытой динамической структурой, которая проявляется при возмущениях вакуума.

Каждый отдельный, изолированный электрон окружен в вакууме облаком виртуальных частиц, в том числе и электрон-позитронными парами. Но из-за действия электростатической силы позитроны виртуальных пар, находящиеся вблизи реальных электронов, притягиваются отрицательными зарядами электронов, а виртуальные электроны отталкиваются. Это приводит к частичной экранировке «голого» заряда реальных электронов. То, что мы измеряем как заряд электрона, в действительности всегда является суммой голого заряда и экранирующего заряда виртуальных позитронов.



в г д е

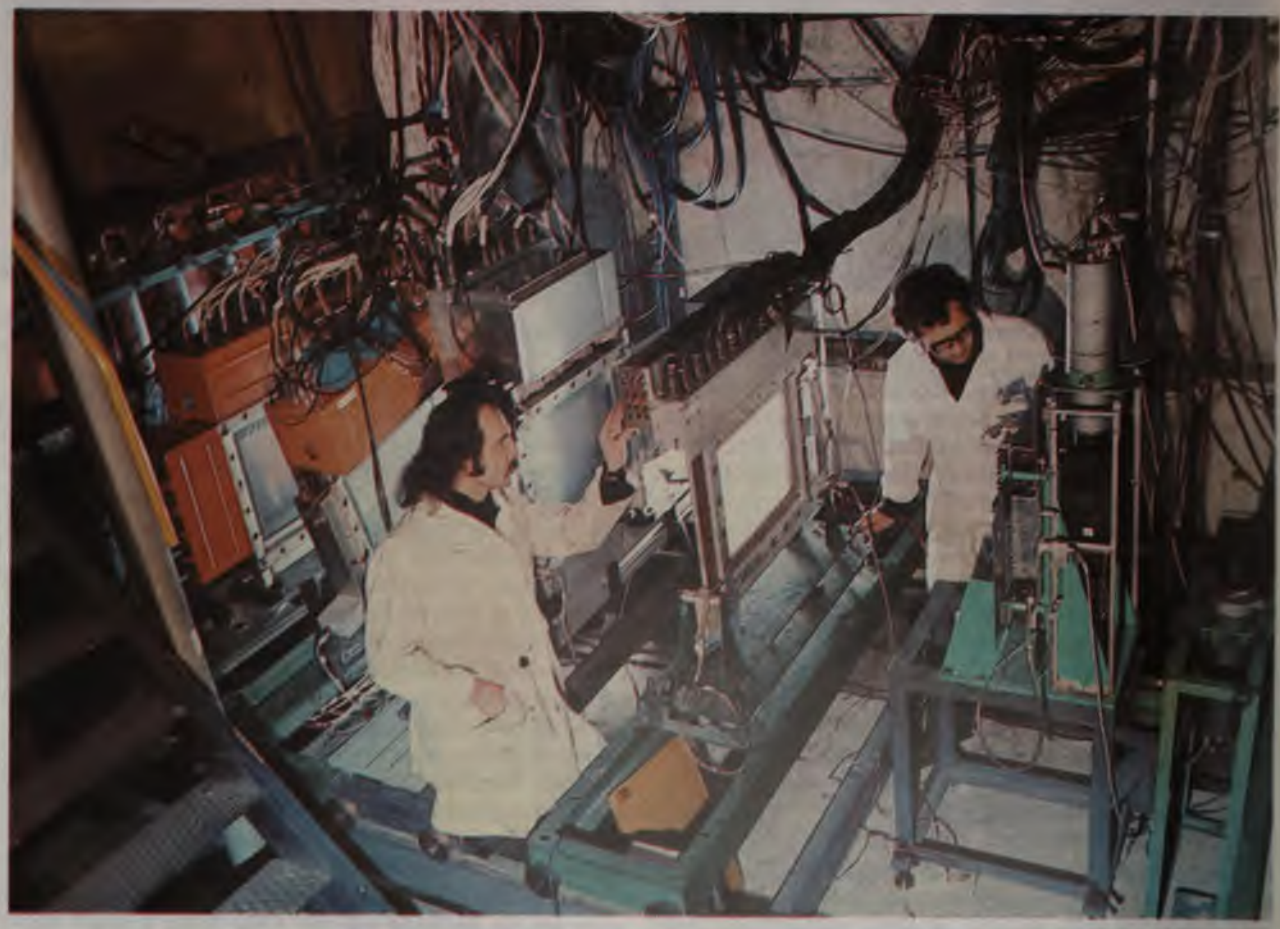
которые вызывают в другом проводнике, находящемся даже на значительном расстоянии от первого, индукционные токи. Волны Герца были радиоволнами, возбуждаемыми колебаниями токов в антеннах и отличающимися от световых волн только длиной волны или частотой.

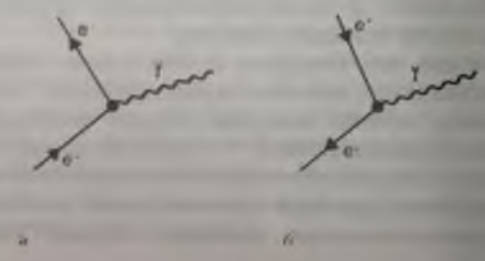
При исследовании действия электромагнитных волн на вещество выяснилось, что поглощение света происходит отдельными порциями, т. е. квантами. В случае фотоэлектрического эффекта квант света, или фотон, γ вырывает электрон из поверхности металла, причем энергия выбитого электрона зависит только от энергии E, т. е. частоты ν, фотонов, а не от их интенсивности ($E=h\nu$).

Другой эффект, в котором проявляется квантовый характер электромагнитных волн, — открытое в 1932 г. К. Д. Андерсоном (Anderson) рождение электрон-позитронных пар в космических лучах. Электромагнитное излучение с очень малой длиной волны (γ-излучение) в поле атомного ядра превращается в электрон-позитронную пару ($\gamma \rightarrow e^+ + e^-$). Так как масса покоя электрон-позитронной пары составляет около 1 МэВ/c^2, энергия γ-кванта должна быть не меньше. Если она больше, то избыток энергии уносится в виде кинетической энергии образовавшейся пары частиц.

Электромагнитное излучение проявляет двойственный характер: оно ведет себя как волна в процессах распространения и как частица в процессах испускания и поглощения.

До сих пор мы рассматривали частицы, например электроны, только как корпускулы. Существенный шаг вперед в познании природы микромира был сделан в 1927 г., когда К. Дж. Дэвиссон (Davisson) и Л. Х. Джермер (Germer) показали, что электроны распространяются как волны. При прохождении через кристалл электроны дифрагируют точно так же, как электромагнитные волны с длиной волны, лежащей в области рентгеновского излучения. Подобно тому как фотон —





а б

квант электромагнитного поля, электрон — квант соответствующего электронного поля.

Фундаментальными понятиями квантовой электродинамики являются электромагнитное поле и поле лептонов, обладающих электрическим зарядом. Первая формулировка квантовой электродинамики была предложена в 20-х годах П. А. М. Дираком (Dirac). Окончательный вариант теории сложился в конце 40-х годов в работах Р. Ф. Фейнмана (Feynman), Дж. Швингера (Schwinger), Х. Томонага (Tomonaga) и др.

Фейнман предложил описывать сложные математические выражения квантовой электродинамики простыми рисунками — диаграммами (рис. 9). Диаграммы Фейнмана схематически показывают пространственно-временной ход реакций между частицами или, точнее, между полями.

Рис. 8. Коллективу ученых из Объединенного института ядерных исследований в сотрудничестве с институтами стран — участниц ОИЯИ, в том числе Институтом физики высоких энергий АН ГДР, недавно удалось экспериментально обнаружить относящийся к сильному взаимодействию стабильный барион Λ_c, состоящий из кварков *(udc)*. Частицы, которые содержат наряду с *u*-, *d* и *s*-кварками один и более *c*-кварков, до этого были идентифицированы в небольшом числе случаев. Доказательство получено с помощью большого искрового спектрометра (БИС) на ускорителе в Институте физики высоких энергий в Серпухове (фото Ю. А. Туманова)

Рис. 9. Диаграммы Фейнмана, описывающие процессы, происходящие в пространстве-времени. Электроны изображены линиями со стрелкой, указывающей положительное направление времени. Стрелка в противоположном направлении соответствует позитронам. Распространение фотонов — волнистая линия. Фейнмановские диаграммы позволяют наглядно представить ход процессов. Все электромагнитные взаимодействия сводятся к определенной последовательности элементарных процессов, в которых в одной точке (вершине) сходятся три линии. Различные варианты основного процесса следующие: *а* — испускание фотона электроном (тормозное излучение); *б* — испускание фотона позитроном; *в* — простое взаимодействие (упругое рассеяние двух электронов). Электрон в точке *(1)* пространства-времени испускает виртуальный фотон, который поглощается в точке *(2)* пространства-времени вторым электроном; *г* — простейшая диаграмма Фейнмана для описания рождения пары мюонов при аннигиляции электрон-позитронной пары через обмен виртуальным фотоном. Наряду с простыми процессами, протекающими с обменом одним виртуальным фотоном, существует много других взаимодействий, включающих, например, рождение и поглощение виртуальной e^+e^--пары *(д)* или виртуального фотона *(е)*

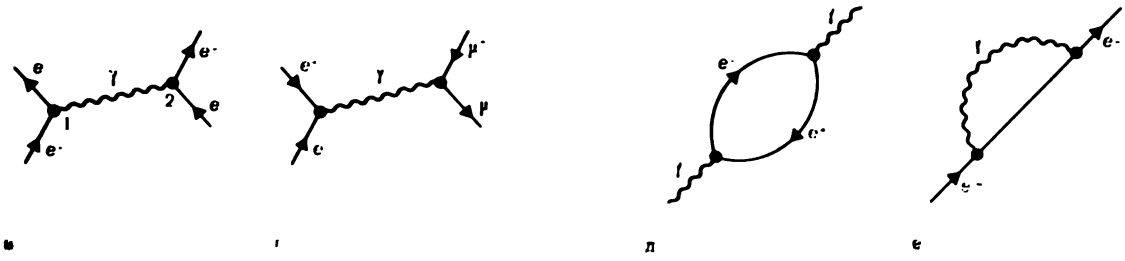
Взаимодействие двух частиц, например упругое рассеяние двух электронов, квантовая электродинамика описывает как процесс, в котором один из электронов испускает в некоей точке пространства-времени фотон, поглощаемый в другой точке пространства-времени вторым электроном. Взаимодействие между двумя электронами, приводящее к упругому рассеянию, осуществляется за счет обмена фотоном.

Участвующий в обмене фотон существует только в течение весьма короткого промежутка времени. После испускания его должна поглотить либо другая частица, либо та частица, которая его испустила. Он не может улететь в бесконечность и его никогда нельзя обнаружить непосредственно в эксперименте. Частицы с такими свойствами называются виртуальными.

В квантовой электродинамике каждое взаимодействие описывается как локальное испускание, распространение или локальное поглощение виртуальных частиц. Распространение виртуальных частиц всегда связано с временным нарушением законов сохранения энергии и импульса. Такое нарушение в рамках соотношения неопределенности Гейзенберга вполне допустимо.

Существенно изменяются в квантовой электродинамике и наши представления о вакууме — пустом пространстве. Квантовая электродинамика показывает нам, что рождение на малое время частиц — возможный и реализуемый в природе процесс. В частности, в вакууме могут рождаться и снова уничтожаться электрон-позитронные пары. Из-за существования электромагнитного взаимодействия вакуум обладает скрытой динамической структурой, которая проявляется при возмущениях вакуума.

Каждый отдельный, изолированный электрон окружен в вакууме облаком виртуальных частиц, в том числе и электрон-позитронными парами. Но из-за действия электростатической силы позитроны виртуальных пар, находящиеся вблизи реальных электронов, притягиваются отрицательными зарядами электронов, а виртуальные электроны отталкиваются. Это приводит к частичной экранировке «голого» заряда реальных электронов. То, что мы измеряем как заряд электрона, в действительности всегда является суммой голого заряда и экранирующего заряда виртуальных позитронов.



а б д е

Квантовая хромодинамика

Независимо то того, несут мезоны и барионы электрический заряд или нет, они взаимодействуют между собой. Интенсивность этого взаимодействия чрезвычайно велика. Именно поэтому оно получило название «сильное взаимодействие», а мезоны и барионы объединили под общим названием «адроны». Мы уже упоминали, что характерные расстояния, на которых проявляются сильные взаимодействия, малы и составляют приблизительно 10^{-13} см.

Однако в распоряжении физиков есть приборы, позволяющие исследовать гораздо меньшие расстояния, — это ускорители. Сталкивая на встречных кольцах электроны и позитроны с энергией, скажем, 7 ГэВ, мы рождаем виртуальный фотон с энергией 14 ГэВ. Он не может долго существовать и за время 10^{-26} с распадается за счет электромагнитного взаимодействия на лептоны или адроны. За столь короткий промежуток времени виртуальный фотон успевает провзаимодействовать с зарядами, сосредоточенными в области $\sim 10^{-15}$ см. Лептоны (скажем, мюоны) — точечные частицы и их заряд равен элементарному заряду на любых расстояниях. Другое дело адроны. Если их заряд распределен более или менее равномерно внутри адрона ($\sim 10^{-13}$ см), то в области 10^{-15} см электрический заряд в среднем будет мал. Поэтому можно было бы ожидать; что при высоких энергиях рождение мюонов заведомо должно преобладать над рождением адронов.

Чтобы количественно описать это предсказание, следует ввести понятие сечения реакции. Сечение реакции — отношение числа результативных взаимодействий к плотности потока падающих частиц. Применительно к конкретному примеру (скажем, реакции $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$) это определение означает следующее: мы подсчитываем число мюонов, образовавшихся за 1 с, и делим его на плотность потока электронов и позитронов в ускорителе. (Плотность потока частиц — это число частиц, пересекающих поперечную площадку площадью 1 см² за 1 с.) Полученное отношение есть сечение $\delta(e^+e^- \to \mu^+\mu^-)$.

Второй пример. Если рассеивать точечные частицы на шарике, то сечение рассеяния совпадает с геометрическим сечением шарика.

Вернемся теперь к реакциям на встречных пучках. Ожидали, что при высоких энергиях сечение рождения адронов $\sigma(e^+e^- \to$ адроны$)$ должно быть меньше, чем сечение рождения мюонов $\sigma(e^+e^- \to \mu^+\mu^-)$, т. е.

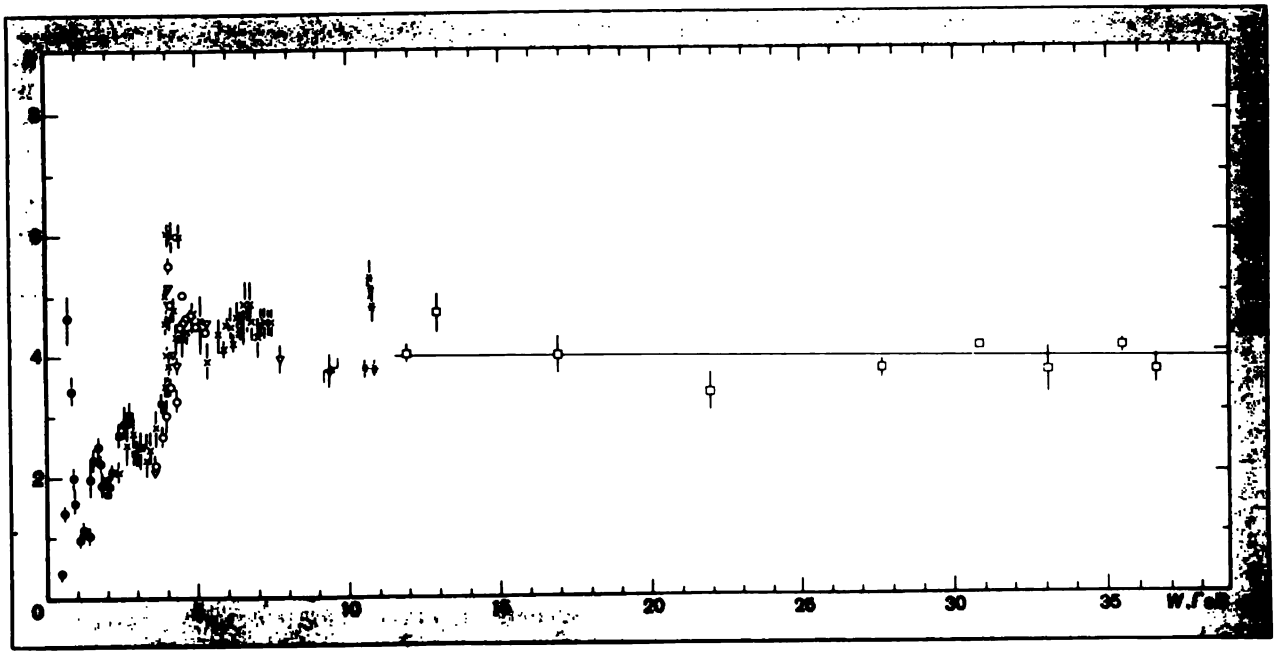
$$R = \frac{\sigma(e^+e^- \to \text{адроны})}{\sigma(e^+e^- \to \mu^+\mu^-)} < 1.$$

В области энергий $10 < W < 36$ ГэВ экспериментальное значение получаем примерно $R \approx 4{,}0$. На рис. 10 показана экспериментальная зависимость R от энергии W сталкивающихся частиц.

Это намного больше теоретического значения. Объяснить такой результат можно, если предположить, что при высоких энергиях виртуальный фотон переходит не в протяженные адроны, а в точечную пару кварк-антикварк, которая лишь затем превращается в наблюдаемые адроны.

Фейнмановские диаграммы реакций $e^+ + e^- \to \mu^+ + \mu^-$ и $e^+ + e^- \to \bar{q} + q$ отличаются только зарядом точечных частиц, возникающих в правой вершине (рис. 11, 12). Вычисление сече-

Рис. 10. Зависимость R (отношения сечений) от энергии W, полученная на различных ускорителях. Прямая — теоретическое предсказание квантовой хромодинамики



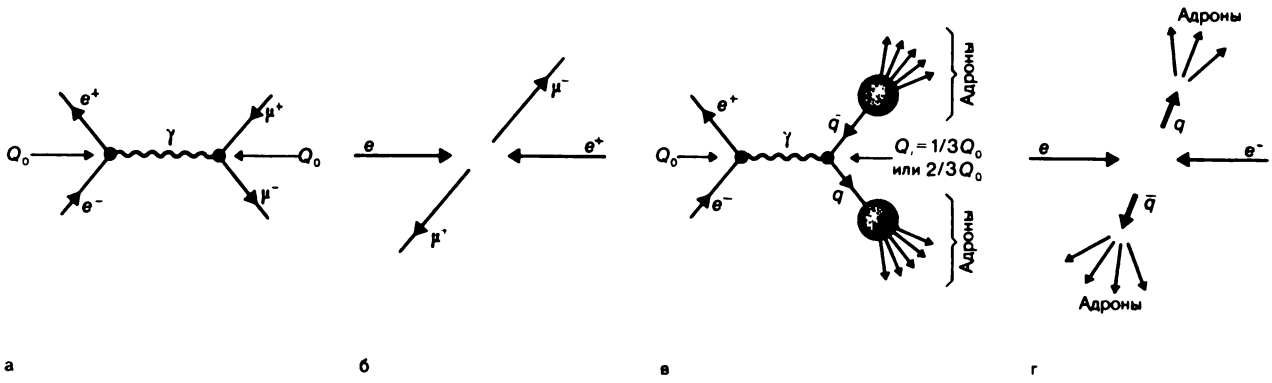
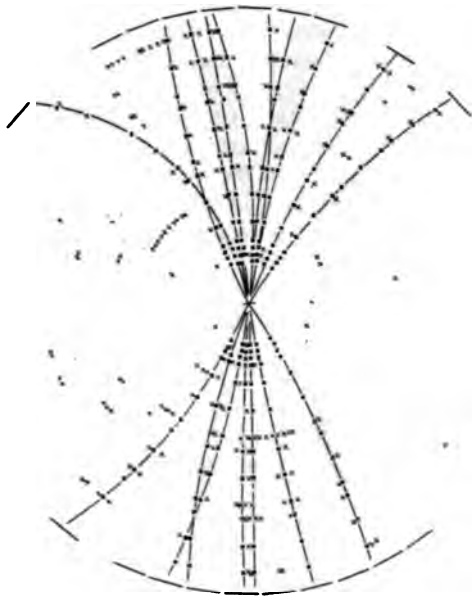


Рис. 11. При высоких энергиях виртуальный фотон, испущенный электрон-позитронной парой, может приводить к рождению точечной пары мюонов (*а, б*) или точечной пары кварков (*в, г*). Последний процесс непосредственно ненаблюдаем. Детекторы регистрируют две струи адронов

Рис. 12. Типичная двухструйная структура, зарегистрированная экспериментальной установкой *TASSO* на накопительном кольце *PETRA*



ния реакции приводит к множителю Q_0^2 в случае рождения пары мюонов и к множителю $\sum_i Q_i^2$ в случае рождения пары кварк-антикварк, где Q принимают значения $^1/_3Q_0$ и $^2/_3Q_0$, а сумма берется по «ароматам» кварков (квантовому числу flavour). В рассматриваемой области полной энергии W суммировать придется по зарядам пяти различных кварков. В результате мы получаем следующее отношение сечений $R = 2\cdot(^2/_3)^2 + 3\cdot(^1/_3)^2 = 1{,}22$. Однако это значение все еще ниже полученного в эксперименте.

Еще в середине 60-х годов при обсуждении кварковой структуры адронов теоретики Н. Н. Боголюбов, Б. В. Струминский, А. Н. Тавхелидзе, а также Хан (Han) и Намбу (Nambu) указали на то, что кварки должны обладать еще одним скрытым квантовым числом, получившим впоследствии название «цвет». Каждый кварк может существовать в трехцветных состояниях. Следовательно, вместо пяти мы получаем 15 отличающихся квантовыми числами кварков. Поэтому сечение рождения кварков, а значит, и адронов утраивается, тогда как сечение рождения мюонов остается неизменным. Таким образом, теоретическое ожидание R равно $R \simeq 3\cdot 1{,}22 \simeq 3{,}7$, что очень близко к измеренному значению.

Квантовое число «цвет» открывает путь к более глубокому пониманию сильного взаимодействия и эффекта «невылетания» кварков.

Поясним, почему слово «цвет» было выбрано для обозначения новой степени свободы кварков. Известно, что наш глаз устроен таким образом, что любой цвет можно представить в виде соответствующей комбинации трех основных цветов, а смесь всех трех цветов в определенной пропорции дает белый цвет. С другой стороны, кварки могут существовать в трех состояниях, а адроны, как показывает эксперимент, только в одном. Кроме того, известно, что барионы состоят из трех кварков, а мезоны из кварка и антикварка. Чтобы описать эти явления, удобно присвоить кваркам три основных цвета (красный, зеленый, синий), а антикваркам — дополнительные цвета (сине-зеленый, пурпурный и желтый). В этом случае различные комбинации кварков и антикварков будут пестреть всеми цветами радуги.

Предположим, однако, что в природе могут наблюдаться только белые адроны или, как говорят, цветовые синглеты (от англ. single — одиночный). В простейшем случае бесцветное синглетное состояние (белый цвет) достигается двумя способами: связыванием трех кварков различных основных цветов или одного цветного кварка с

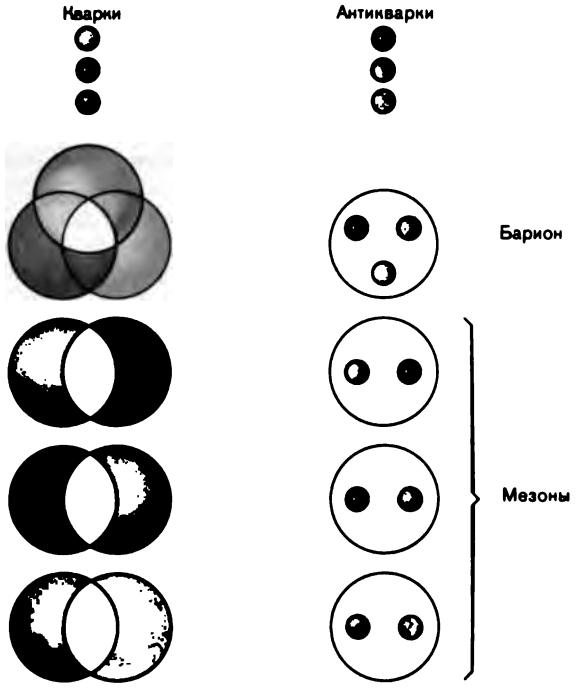


Рис. 13. Кваркам приписывают три основных цвета: красный, зеленый и синий, антикваркам — дополнительные цвета: сине-зеленый, пурпурный и желтый. Поскольку цветовое состояние материи никогда не наблюдалось, цвета во всех адронах и мезонах, смешиваясь, должны давать белый цвет. Это достигается смешением либо трех основных цветов, либо каждого основного цвета с дополнительным. Барионы состоят из трех кварков трех основных цветов, мезоны — из цветного кварка и антикварка соответствующего дополнительного цвета

Рис. 14. Семейство из восьми цветных глюонов — квантов цветного поля, посредством которого осуществляется сильное взаимодействие между цветными кварками

антикварком соответствующего дополнительного цвета. Первый вариант соответствует всем экспериментально обнаруженным барионам, второй — мезонам (рис. 13).

Цветные адроны (т. е. мезоны и барионы) никогда не наблюдались. Использование терминологии из физиологии зрения помогает наглядно понять, что происходит в мире кварков (хотя вопрос о том, какой реальный цвет, скажем, у «красного» кварка, не имеет никакого смысла).

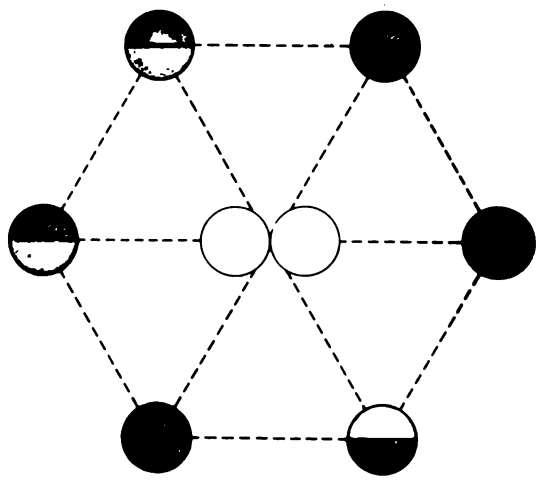
В сильном взаимодействии цвет играет роль, аналогичную электрическому заряду как источнику электромагнитного поля. Согласно квантовой электродинамике, сила между заряженными частицами переносится за счет обмена безмассовыми квантами поля со спином 1.

Теория сильного взаимодействия, в которой вместо электрического заряда выступает «цветовой заряд», получила название квантовой хромодинамики. Вместо электромагнитного поля квантовая хромодинамика рассматривает восемь цветных полей. Именно они — носители ядерных сил.

Кванты цветного поля называются глюонами (от англ. glue — клей). Как и фотоны, глюоны не имеют электрического заряда, массы и обладают спином 1. Поскольку глюоны переходят в пару кварк-антикварк, мы вынуждены приписать каждому глюону основной и дополнительный цвет. Взяв по одному из трех основных цветов и по одному из дополнительных, мы можем образовать девять новых комбинаций цветов. Одна из этих комбинаций соответствует белому цвету и поэтому исключается, после чего остается восемь цветных полей, соответствующих восьми цветным глюонам (рис. 14).

Когда кварк испускает или поглощает глюон, изменяется его цвет, но его «аромат» остается прежним. Например, красный u-кварк, испуская глюон, переходит в синий u-кварк. Синий d-кварк, поглотив глюон, превращается в красный d-кварк (рис. 15). В этом процессе обмена глюон — носитель красного и желтого (антисинего) цветов. На цветовом состоянии частицы, которой принадлежат u- и d-кварки, такой обменный процесс не сказывается. Адрон остается белым. Сильное взаимодействие между кварками переносится глюонами, участвующими в обмене.

Итак, взаимодействие между кварками квантовая хромодинамика описывает с помощью обмена глюонами, несущими цветной заряд. Однако до сих пор никому не удалось объяснить, как взаимодействуют между собой белые адроны, например, протоны и нейтроны в ядре. Можно ожидать, что подобно тому, как сила Ван-дер-Ваальса, действующая между молекулами, является следствием электромагнитного взаимодей-

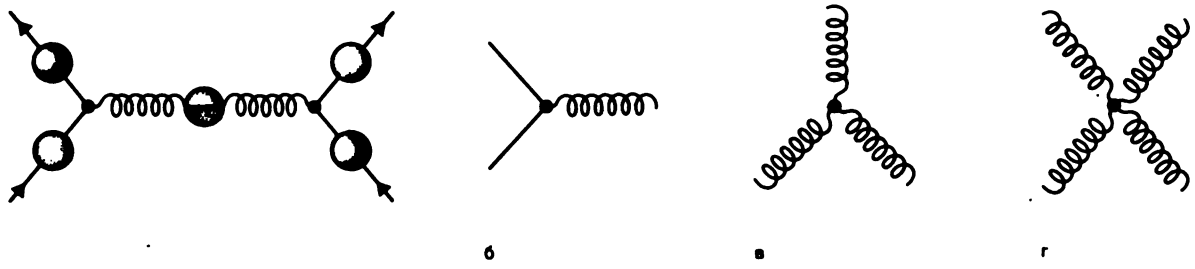


ствия между атомным ядром и электронной оболочкой, ядерные силы, действующие между адронами, — как бы след сильного взаимодействия внутри адронов.

Несмотря на сложность глюонного поля обе теории — квантовая электродинамика и квантовая хромодинамика — по форме очень похожи. Похожи и кванты поля — фотоны и глюоны: и те и другие, повторим, имеют нулевую массу покоя, лишены электрического заряда и обладают одинаковым спином. Электроны связываются в атомах, кварки в адронах. Однако если электроны легко разделяются в результате какого-нибудь простого процесса столкновения, то самых высоких из доступных ныне энергий недостаточно для того, чтобы высвободить один кварк.

Электрические силы в атоме убывают с увеличением расстояния между носителями зарядов. Если подведенная к атому энергия превосходит некоторое критическое значение, то атом распадается на электрон и атомный остов. В случае кварка такое невозможно. Если расстояние между кварками мало, например, они находятся глубоко внутри нуклона, то взаимодействие

Рис. 15. Сильное взаимодействие между кварками согласно квантовой хромодинамике осуществляется с помощью обмена цветными глюонами. Показана диаграмма Фейнмана для обмена одним глюоном между двумя кварками *(а)*. Красный кварк испускает красно-желтый глюон и превращается в синий кварк. Синий кварк поглощает глюон, синий цвет кварка и желтый цвет глюона компенсируют друг друга, и для второго кварка остается красный цвет. Наряду с вершиной, связывающей по аналогии с квантовой электродинамикой две кварковые и одну глюонную линию *(б)*, в квантовой хромодинамике существуют два других элементарных процесса. В отличие от фотонов, лишенных электрического заряда, цветные глюоны могут взаимодействовать непосредственно между собой *(в, г)*



а б в г

между ними сравнительно слабо. Оно усиливается по мере того, как возрастает расстояние между кварками. Чтобы развести кварки на все большее расстояние, требуется все бо́льшая энергия. Если подведенная энергия превосходит количество, необходимое для рождения пары кварк-антикварк, то возникает пара мезонов, но разделение кварков так и не происходит.

Рассказывая о квантовой электродинамике, мы упоминали о том, что каждый изолированный электрон окружен облаком виртуальных частиц, и электростатическая сила, действующая между реальным электроном и виртуальной электрон-позитронной парой, приводит к поляризации вакуума вблизи электрона. Этим и обусловлена частичная экранировка заряда электрона.

В случае цветных зарядов происходит аналогичный эффект. Например, красный кварк окружен облаком виртуальных пар кварк-антикварк. Антикрасный цветовой заряд антикварка притягивается красным цветным зарядом реального кварка, при этом его цветовой заряд частично экранируется.

В отличие от фотонов, не несущих электрического заряда и поэтому не оказывающих влияния на электрический заряд изолированного реального электрона, кванты цветного поля — глюоны — наделены цветом, что сказывается на цветном заряде реального кварка. Вычисления позволяют доказать, что цветные заряды виртуальных глюонов не экранируют цветной заряд реального кварка, а усиливают его. Красная компонента цвета виртуальных глюонов «притягивается» красным кварком, и цветовой заряд увеличивается. Эта «антиэкранировка» доминирует над эффектом экранировки виртуальными парами кварк-антикварк. Цвет притягивает больше глюонов, отчего цветовой заряд возрастает (рис. 16).

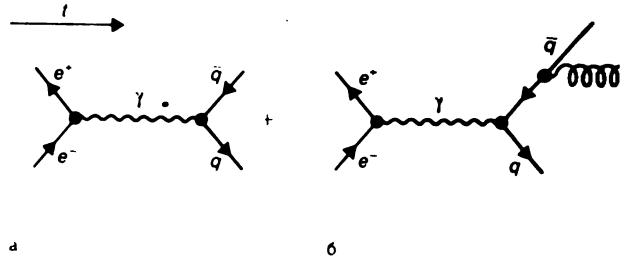
Описанный процесс дает (по крайней мере качественно) правдоподобное объяснение явления «конфайнмента», или «невылетания» кварков. Свободные кварки не могут встречаться в природе, так как они притягивали бы все большее и большее количество глюонов из вакуума. Этим в конечном счете объясняется, почему все наблюдаемые сильно взаимодействующие частицы имеют белый цвет. С другой стороны, если удается проникнуть сквозь глюонное облако, окружающее реальный кварк, и, следовательно, приблизиться вплотную к кварку, то, как говорят, его «голый» заряд окажется слабее, чем заряд системы, состоящей из «голого» кварка, виртуальных глюонов и виртуальных кварков вокруг него.

Внутри адронов кварки ведут себя так, как если бы они были соединены резиновыми шнурами. Когда кварки находятся на близком расстo-

Рис. 16. Как показывает квантовая электродинамика, каждый реальный электрон окружен облаком виртуальных частиц — фотонов (они на рисунке не показаны, так как не имеют электрического заряда) и электрон-позитронных пар. Из-за электростатического взаимодействия между зарядами такое облако частично экранирует «голый» заряд реального электрона. Экспериментально наблюдаемый электрический заряд представляет разность между «голым» зарядом и экранирующим зарядом виртуальных позитронов. Электрически нейтральные виртуальные фотоны не влияют на величину заряда реального электрона.

В квантовой хромодинамике каждый реальный кварк также окружен облаком виртуальных пар кварк-антикварк и виртуальных глюонов. Антикварки экранируют цветной заряд реального кварка. Но так как глюоны наделены цветом, они также влияют на интенсивность соответствующих цветов. Как показывают вычисления, виртуальные глюоны не экранируют кварки, а усиливают те цвета, носителями которых являются сами

Рис. 17. Некоторые из диаграмм Фейнмана, описывающие рождение адронов в процессах электрон-позитронной аннигиляции. Наряду с простейшей диаграммой рождения пары кварк-антикварк путем однофотонного обмена *(а)* дана также диаграмма более высокого порядка — процесс испускания глюона кварком при тормозном излучении *(б)*



а б

Экспериментальное доказательство существования глюонов

В отличие от квантов электромагнитного поля, окружающих нас повсюду, например, в виде света, свободные кванты цветного поля не удавалось наблюдать никому. Это соответствует представлениям квантовой хромодинамики, согласно ко-

нии, то шнуры «провисают», и кварки обретают способность двигаться независимо. Если же расстояние между кварками возрастает, то шнуры натягиваются, и кварки испытывают все более сильное противодействие.

В тех областях, в которых кварки связаны слабо, соответствующие процессы удается рассчитать в рамках квантовой хромодинамики. Примером такой вычислимой реакции служит предсказание аннигиляции электрон-позитронной пары с рождением пары кварк-антикварк при высоких энергиях (рис. 17). Вычисление этого процесса в рамках квантовой хромодинамики (наряду с простейшими диаграммами Фейнмана учитываются и диаграммы более высокого порядка) приводит к значениям R, не зависящим от энергии (теоретическое значение R представлено в виде прямой на рис. 10). Согласие теории и эксперимента вполне удовлетворительное.

Согласие квантовой хромодинамики с экспериментом наблюдается и в других процессах (например, в глубоко неупругом лептон-нуклонном рассеянии), если они происходят при достаточно высоких энергиях.

Вместе с тем нельзя не упомянуть и о том, что современные методы расчетов квантовой хромодинамики отнюдь не доведены до состояния, адекватного расчетным методам квантовой электродинамики.

Например, неизвестно, каким образом можно было бы рассчитать в рамках квантовой хромодинамики физические эффекты в области низких энергий, т. е. задача о спектре масс всех адронов пока находится за пределами возможностей квантовой хромодинамики*.

* Проблема развития единой теории фундаментальных сил — актуальнейшая проблема теории элементарных частиц — освещается в статьях *Б. А. Арбузова* и *А. А. Логунова* «Частицы и силы: поиски единства» в ежегоднике «Наука и человечество. 1979» и *В. А. Матвеева, Р. М. Мурадяна* и *А. Н. Тавхелидзе* «На пути к раскрытию структуры элементарных частиц» в ежегоднике «Наука и человечество. 1980». — *Ред.*

торым цветные кванты (глюоны) могут находиться только в связанных белых состояниях. Какие же эксперименты могут подтвердить существование глюонов?

В простейшем случае уже из двух глюонов можно образовать бесцветное состояние. Например, один красно-желтый глюон и один сине-зеленый глюон дали бы белое состояние. Существование связанного состояния из двух или трех глюонов с массами $\geqslant 1$ ГэВ/c^2, которое через

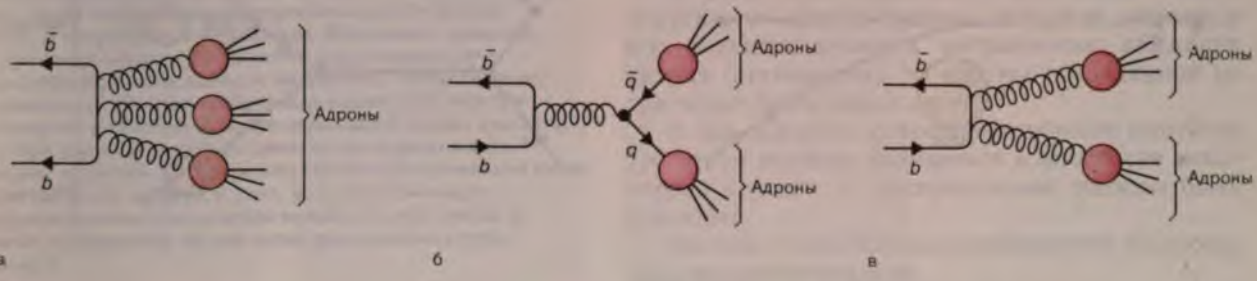


Рис. 18. Распад Υ-мезона через три глюона, как предсказывает квантовая хромодинамика *(а)*; поэтому мы ожидаем увидеть три струи адронов, лежащие приблизительно в одной плоскости. Если бы вопреки теоретическим предсказаниям распад Υ-мезона происходил через глюон, а затем два кварка в качестве промежуточного состояния *(б)* или через два глюона *(в)*, то адроны в конечном состоянии (продукты реакции) наблюдались бы в виде двух струй

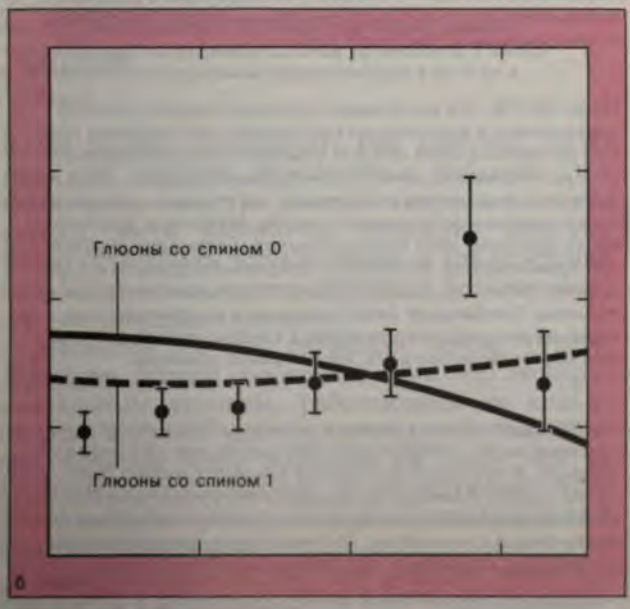
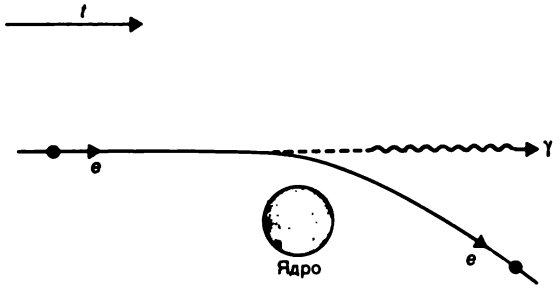


Рис. 19. *а* **— экспериментальные данные по распаду Υ-мезона в сравнении с теоретическими предсказаниями (видно согласие эксперимента с моделью трехглюонного распада);** *б* **— определение спина глюона путем измерения углового распределения струй; как видно, экспериментальные данные лучше согласуются со значением спина $J = 1$, что соответствует представлениям квантовой хромодинамики**

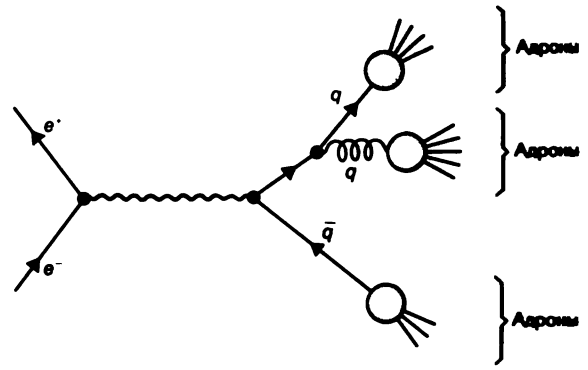
ничтожную долю секунды распадется на мезоны, предсказано теоретически. Поиск таких состояний, получивших название глюония, проводился и продолжает проводиться. В 1982 г. появились сообщения о первых экспериментах, позволяющих говорить о реальности таких состояний.

Другой, более успешный путь к экспериментальному доказательству существования глюонов состоял в изучении свойства распада Υ-мезона. Мы уже говорили, что этот мезон был открыт в 1979 г. Л. Ледерманом (Lederman) с сотрудниками. Они наблюдали эту частицу на протонном синхрофазотроне Национальной лаборатории им. Ферми (США) при энергии протонов 500 ГэВ. Затем Υ-мезон изучался главным образом на электрон-позитронных накопительных кольцах.

Этот наиболее тяжелый (с массой около 9,46 ГэВ/c^2) из известных ныне мезонов состоит из одного *b*-кварка и его *b*-антикварка. При распаде Υ-мезона наблюдаются главным образом адроны. Квантовая хромодинамика предсказывает, что распад Υ-мезона происходит с образованием трех глюонов в качестве промежуточного состояния. Такое предсказание позволило дать объяснение аномально большому времени жизни Ψ и Υ-частиц по сравнению с обыч-



а



б

ными нестабильными адронами. Каждый из этих глюонов затем распадается на адроны, поэтому в конечном состоянии адроны образуют три струи. Так как при распаде Υ-мезона полная энергия составляет только 9,46 ГэВ, на каждую из трех струй приходится в среднем около 3 ГэВ. При столь малой энергии трудно ожидать, что три струи будут отчетливо отделены друг от друга. Существование трех частично перекрывающихся струй удается подтвердить лишь с помощью статистического анализа.

Если бы распад был связан с промежуточным состоянием в виде пары кварк-антикварк, то в наблюдаемом конечном состоянии мы получили бы характерную структуру из двух струй адронов (рис. 18).

Свойства распада Υ-мезона были подробно изучены на электрон-позитронном накопительном кольце PETRA в Гамбурге. Экспериментальные данные оказались в хорошем согласии с теоретическим предсказанием на основе трехглюонного распада и в плохом — с предсказанием на основе двухструйной структуры.

Как предсказывает квантовая хромодинамика, кванты цветного поля должны обладать спином 1. Это теоретическое предсказание допускает экспериментальную проверку, если исследовать угловое распределение осей струй относительно направления пучка. Проведенные измерения хорошо согласуются со спином $J = 1$ глюонов и плохо — со спином $J = 0$ (рис. 19).

Параллельно с изучением свойств Υ-мезона, рождающегося при фиксированной энергии пучков $E = 9{,}46$ ГэВ, физики проводили эксперименты во всей доступной им области энергий. Эти эксперименты также позволили доказать существование глюона и исследовать его свойства. Сначала с увеличением энергии на электрон-позитронных кольцах было обнаружено, что рожденные адроны формируются в две струи с параллельными осями. Этот результат интерпретировался как наблюдение пары кварк-антикварк: $e^+e^- \to q\bar{q} \to$ 2 адронные струи.

В рамках квантовой хромодинамики возможен и другой процесс: $e^+e^- \to q\bar{q}g$ — рождение пары кварк-антикварк с испусканием глюона. Если q, $\bar{q}$ и g разлетаются под большими углами, то должны наблюдаться трехструйные собы-

СТО ЛЕТ НАЗАД

АВСТРО-ВЕНГРИЯ. *Роберту Генселю, чешскому фотографу из Кутной горы, пришло на мысль и вполне удалось снять молнии, рассекающие ночную темноту мгновенным блеском своего электрического огня. Быстрота молнии столь велика, что человеческому глазу нельзя получить истинного понятия о причудливых изгибах колоссальной искры. Поэтому результат, достигнутый Генселем, действительно может представить интерес и для физика, и метеоролога, и для фотографа.*

«Фотограф»

НЬЮ-ИОРК. *На воздушной железной дороге успешно испытывается автоматический прибор для указания станции на вагонах. Над дверью помещен красивый ящик, на котором написаны слова: «Следующая станция». Под этой надписью выставляется название той станции, на которой будет следующая остановка поезда. Механизм прибора очень простой: звон колокольчиков и перемена указателей производится движением небольшого рычага в паровозной будке, который соединен с клапаном воздушного тормоза. Соединение между вагонами и паровозом состоит из простых гуттаперчевых трубок, подобных трубкам воздушного тормоза, но меньшего размера.*

«Инженер»

БРЮССЕЛЬ. *Часы с вечным заводом. Здесь построены уличные часы, которые идут без завода вот уже восемь месяцев. В действительности их заводит Солнце. Для этого служит длинная металлическая трубка, вследствие нагревания ее солнечными лучами в ней образуется восходящий ток воздуха, который приводит в движение вентилятор, действием которого и заводятся часы.*

«Техник»

тия. Доля таких событий мала, так как сечение процесса $e^+e^- \to qg$, меньше сечения основного процесса $e^+e^- \to q\bar{q}$.

Кроме того, формирование трехструйных событий должно происходить при энергиях, бо́льших, чем энергия двухструйных событий. Это объясняется тем, что каждый кварк или глюон должен нести достаточно большую энергию, чтобы образовать четкую струю, а для рождения трех энергичных частиц требуется больше энергии, чем для рождения двух.

Рис. 20. Если электрон пролетает вплотную к атомному ядру, то он отклоняется от первоначального направления, и скорость его изменяется. Изменение скорости рассеянного электрона связано с излучением электромагнитных волн, которое называется тормозным излучением (*а*). По аналогии, между квантовой электродинамикой и квантовой хромодинамикой можно ожидать, что при высоких энергиях происходит тормозное излучение глюонов, которые испускаются рассеянными кварками (*б*). Если энергия и угол, под которым кварк испускает глюон, достаточно велики, то оба кварка и глюон распадаются на три четко различимые струи адронов

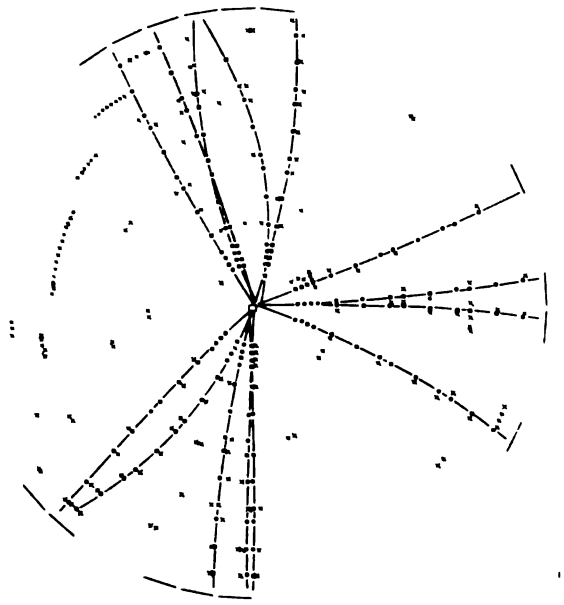


Рис. 21. Типичная трехструйная структура, зарегистрированная экспериментальной установкой TASSO на позитрон-электронном накопительном кольце в Гамбурге

Несмотря на эти трудности летом 1979 г. появились первые сообщения о том, что экспериментальным группам, работающим на кольце PETRA, впервые удалось наблюдать распределение, которое более походило на трех-, чем на двухструйную структуру. В последующие годы число наблюденных трехструйных распределений адронов увеличилось.

Представление о том, что реакция аннигиляции e^+e^- в 3 адронные струи идет через промежуточную стадию (кварк-антикварк и глюон), приводит к некоторым интересным следствиям.

1. С увеличением полной энергии e^+e^--пары одна из струй должна линейно расширяться относительно своей оси.

2. Если при тормозном излучении глюон испускается при достаточно большой энергии и под большим углом к направлению движения кварка (антикварка), то адроны распадаются на три четко различимых струи.

3. Из-за закона сохранения полного импульса три струи должны находиться в плоскости некоторого круга, т. е. распределения должны быть плоскими.

Все три отличительные особенности наблюдались экспериментально.

Квантовая хромодинамика позволяет вычислять и вероятность процесса тормозного излучения глюона, а также реакции $e^+ + e^- \to q + \bar{q}$. Расчеты хорошо согласуются с измеренными сечениями процессов (рис. 20).

Спин глюона также удается определить, исследуя свойства группы трехструйных распадов, возникающих при тормозном излучении глюона $e^+e^- \to q\bar{q}g$ (по аналогии с распадом Y - мезон $\to 3g$). Сравнение теоретических предсказаний для кванта цветного поля со спином 0 или 1 и экспериментальных данных показывает, что с большой вероятностью спин глюона $J = 1$.

Итак, в 70-е годы удалось значительно продвинуться в понимании природы ядерных сил. Важными этапами стали экспериментальное обнаружение новых типов мезонов (Ψ и Υ) и получение данных по глубоко неупругому рассеянию лептонов на нуклонах. Это подкрепляет нашу уверенность в кварковой структуре адронов. С появлением квантовой хромодинамики мы обрели квантовую теорию поля, пригодную для описания сильного взаимодействия. Она постулирует существование восьми цветных безмассовых глюонов, имеющих спин $J = 1$. Все экспериментальные наблюдения процессов, поддающихся вычислению в рамках квантовой хромодинамики, свидетельствуют о хорошем согласии между теорией и экспериментом. По-видимому, хотя это и не доказано, на больших расстояниях взаимодействие между кварками становится бесконечно большим, вследствие чего они не могут существовать как свободные частицы. Имеются веские основания надеяться, что в недалеком будущем ядерные силы, действующие между нуклонами, удастся описать как следствие кварковой структуры нуклонов.

Николай Борисович БРАНДТ (р. 1923) — физик, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Отделением физики твердого тела, заведующий кафедрой физики низких температур физического факультета МГУ. В 1951 окончил физический факультет МГУ.

В 1968 за цикл работ: «Энергетические спектры металлов и полупроводников в сильных магнитных полях, при высоких давлениях и низких температурах» ему присуждена Ломоносовская премия МГУ. Н. Б. Брандт — автор открытий: «Явление фазовых переходов в магнитном поле» (1975) и «Явление электронно-топологических фазовых переходов металлов при упругих деформациях» (1980).

В 1982 за цикл работ по предсказанию, обнаружению и исследованию бесщелевых полупроводников и экситонных фаз Н. Б. Брандту совместно с другими учеными была присуждена Государственная премия СССР.

Основное направление научной деятельности — исследование широкого круга веществ в экстремальных условиях: при комбинированном воздействии примесей, сильных магнитных и электрических полей, высокого давления, низких и сверхнизких температур.

Н. Б. Брандт — автор трех монографий и учебников, более 300 научных работ и 15 изобретений.

Моисей Исаакович КАГАНОВ (р. 1921) — физик, доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник Института физических проблем АН СССР, преподает на физическом факультете МГУ.

В 1949 закончил Харьковский университет. До 1970 работал в Харьковском физико-техническом институте АН УССР, занимая должности от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией.

С 1970 г. работает в Институте физических проблем АН СССР и преподает в МГУ. Исследовательская деятельность М. И. Каганова охватывает широкий круг проблем, включающих теоретическую электронику, квантовую теорию твердого тела, теорию металлов, теорию сверхтекучести гелия. Наиболее важные результаты получены в теории магнетизма и в электронной теории металлов.

Илья Михайлович ЛИФШИЦ (р. 1917) — физик-теоретик, академик, заведовал теоретическим отделом Института физических проблем АН СССР, лауреат Ленинской премии. Окончил Харьковский университет в 1936 и Харьковский машиностроительный институт в 1938. В 1937—1968 работал в Харьковском физико-техническом институте (с 1941 — заведующим теоретическим отделом) и одновременно с 1944 заведовал кафедрой статистической физики Харьковского университета. С 1968 работал в Институте физических проблем АН СССР. С 1967 — профессор МГУ. В 1948 избран членом-корреспондентом АН УССР, в 1960 — членом-корреспондентом АН СССР, в 1967 — академиком АН УССР, в 1970 — академиком АН СССР. Наиболее важные работы И. М. Лифшица относятся к области квантовой физики твердого тела.

И. М. Лифшицем построена современная форма электронной теории металлов, связанная с геометрическим и топологическим представлениями о форме поверхностей Ферми. За работы по теории электронного энергетического спектра металлов он удостоен Ленинской премии (1967) и международной премии им. Саймона (1962).

И. М. Лифшиц впервые проанализировал фононный и электронный спектры реальных кристаллов с дефектами, открыл локальные и квазилокальные уровни. Им построены основы квантовой теории неупорядоченных систем. И. М. Лифшиц впервые исследовал кинетику фазовых переходов 2-го рода, построил теорию квантового образования зародышей при низких температурах, изучил фазовые переходы в полимерных и биополимерных макромолекулах. И. М. Лифшицем получены фундаментальные результаты по теории квантовых кристаллов.

И. М. Лифшиц скончался в 1982 году.

Николай Борисович БРАНДТ,
Моисей Исаакович КАГАНОВ,
Илья Михайлович ЛИФШИЦ

Новый тип фазовых переходов в металлах

Фазовый переход 2 ½-го рода

С фазовыми переходами мы встречаемся постоянно. Кипение воды и ее кристаллизация — превращение воды в лед — столь важны, что трудно представить себе жизнь без этих общеизвестных явлений.

Многообразие фазовых переходов еще в начале нашего века было поделено на переходы 1-го и 2-го рода. Кипение и кристаллизация воды — типичные переходы 1-го рода: скачком в точке перехода (при 0° и при 100° С) изменяется удельный объем воды; поглощается (при кипении) или выделяется (при кристаллизации) тепло.

Переходы 2-го рода более скрыты от внешнего наблюдения. Хотя они чаще встречаются не в повседневной жизни, а в физических лабораториях, их значение не ограничено академическими исследованиями: превращение железа в магнит — самопроизвольное намагничивание железа при температурах ниже точки Кюри*, когда оно из парамагнетика превращается в ферромагнетик, — фазовый переход 2-го рода. Потеря сопротивления многими металлами — появление сверхпроводимости, с которой связывают столько надежд создатели техники будущего, — тоже фазовый переход 2-го рода. И одно из наиболее поражающих воображение явлений — сверхтекучесть жидкого гелия — зарождается при фазовом переходе 2-го рода.

Фазовый переход 2-го рода значительно «мягче» перехода 1-го рода: удельный объем не изменяется скачком, не выделяется тепло. Тем не менее происходят определенные изменения физической системы: например, скачком меняются теплоемкость и коэффициент теплового расширения. А главное, возникает какое-то новое свойство, которого раньше не было (магнитный момент, сверхпроводящий или сверхтекучий ток и т. п.).

Термодинамика — наука о наиболее общих свойствах вещества — позволяет описать фазовые переходы. Оказалось, что независимо от того, какой переход 1-го рода происходит (тает лед или испаряется вода), характер изменения термодинамических параметров один и тот же. Это же относится и к фазовым переходам 2-го рода. Таким образом, изменение термодинамических параметров является тестом, по которому можно определить род фазового перехода.

Долгое время считали, что все многообразие фазовых переходов можно описать лишь переходами 1-го и 2-го рода. Однако в 1960 г. один из авторов этой статьи (И. М. Лифшиц) теоретически показал, что в металлах под давлением при низкой температуре, когда она стремится к абсолютному нулю, должны наблюдаться аномалии, которые следует трактовать как фазовый переход 2 ½-го рода. Что означает нецелый род перехода и почему именно 2 ½-го рода? Дело в том, что предсказанный переход оказался еще мягче, чем фазовый переход 2-го рода, и жестче, чем был бы переход 3-го рода, если бы он существовал в природе.

Термин «фазовый переход 2 ½-го рода» прочно вошел в научную литературу. Правда, наряду с ним пользуются и другим термином, подчеркивающим не термодинамические особенности перехода, а его природу. Фазовый переход 2 ½-го рода называют еще топологическим переходом.

Поверхность Ферми металла

Утверждение о том, что в металлах есть свободные электроны (электроны проводимости) и что они представляют собой квантовый газ частиц, подчиняющихся принципу Паули и потому не «имеющих права» скапливаться в одном состо-

* Температура, ниже которой магнитные моменты атомов самопроизвольно (за счет внутренних сил) выстраиваются в определенном порядке, называется точкой Кюри. У железа температура Кюри 769° С.

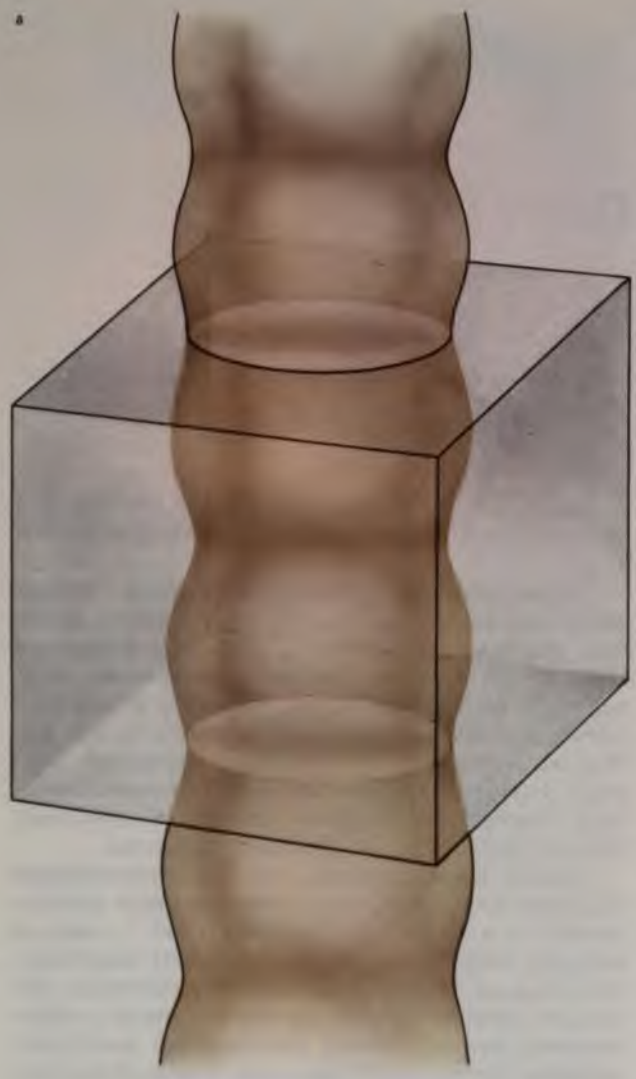


Рис. 1. а) открытая поверхность Ферми; б) замкнутая поверхность Ферми

янии, — все это сегодня общеизвестные факты, составляющие основу современной физики металлов.

Свободный электрон в металле лишь относительно свободен. Он движется в периодическом поле сил, источником которых служат ионы, правильно уложенные в кристаллическую решетку. Движение в таком поле, как показала квантовая механика, очень напоминает свободное движение — в частности, электрон имеет определенный импульс $\vec{p}$. Но вот зависимость энергии электрона ε от импульса $\vec{p}$ — функция $\varepsilon = \varepsilon(\vec{p})$ — существенно отличается от зависимости, справедливой в пустом пространстве. Если на частицу не действует сила, то ее энергия ε есть $p^2/2m$, где m — масса частицы. А в металле энергия электрона — сложная периодическая функция его импульса. Принцип Паули приводит к тому, что даже при $T = 0$ электроны металла не покоются, а движутся с различными энергиями. Максимальная энергия, которую имеют электроны, называется энергией Ферми. Этому утверждению можно придать удобный для дальнейшего геометрический смысл: электроны заполняют в пространстве импульсов область, ограниченную некоторой поверхностью, равной энергии Ферми и получившей название поверхности Ферми: $\varepsilon(\vec{p}) = \varepsilon_F$, ε_F — энергия Ферми.

Многие свойства металлов определяются наиболее энергичными электронами с энергией, равной энергии Ферми, т. е. электронами, расположенными на поверхности Ферми. Поэтому форма последней существенно влияет на электронные свойства металла. Поверхность Ферми, непре-

СТО ЛЕТ НАЗАД

Английский химик-органик У. Перкин (старший) проводит тонкие эксперименты, позволившие установить зависимость вращения плоскости поляризации света в магнитном поле от структуры химического соединения.

Австрийский физик Л. Больцман, один из основоположников статистической физики и физической кинетики, теоретически вывел закон излучения абсолютно черного тела, ранее экспериментально установленный И. Стефаном и получивший известность как закон излучения Стефана—Больцмана. Это явилось подлинным триумфом теоретической физики и, в частности, новой максвелловской электродинамики.

Австрийский физик и философ Э. Мах сделал фотографию летящего снаряда, впервые применив в качестве источника света электрический разряд.

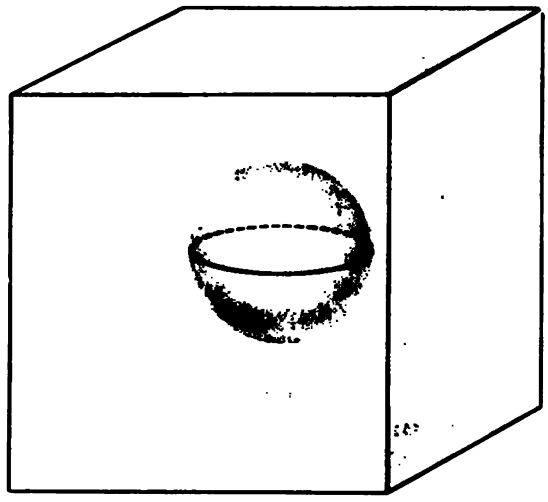
Немецкий физик О. Люммер разработал метод, позволяющий по изменению интерференционной картины судить об изменении толщины плоскопараллельных пластин.

рывно проходящая через импульсное пространство, называется открытой (рис. 1, *а*). Электроны, находящиеся на этой поверхности, могут свободно переходить из одной ячейки (кубики на рис. 1, *а* и *б*) в другую. Поверхности, локализованные внутри одной ячейки, называются закрытыми (рис. *1*, *б*). В этом случае электрон с поверхности Ферми уже не может свободно перейти на аналогичные поверхности в соседних ячейках.

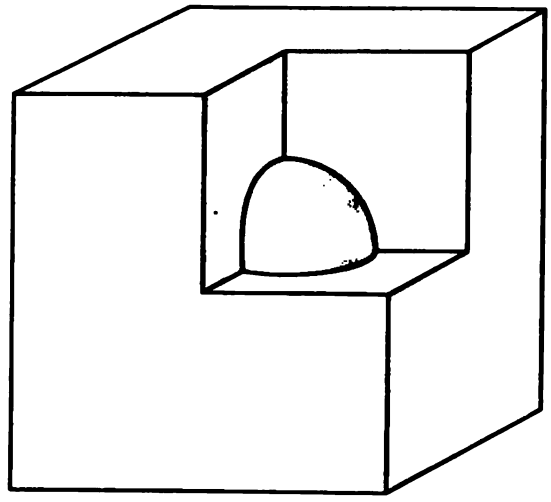
Поверхности Ферми бывают электронными, когда они заполнены электронами (рис. 2, *а*), либо дырочными, когда электроны расположены вне поверхности (рис. 2, *б*). В последнем случае поверхность Ферми ограничивает пустое пространство внутри ячейки, заполненной электронами. Многие металлы обладают и дырочными, и электронными поверхностями Ферми. Среди них особое место занимают скомпенсированные металлы, у которых число электронов равно числу дырок.

Рис. 2. а) электронная поверхность Ферми; б) дырочная поверхность Ферми

а



б



Пространственную структуру кристалла — расположение его атомов — часто представляют с помощью красиво уложенных шаров. Аналогично изображение поверхности Ферми создает зримый образ того, что называют структурой электронного энергетического спектра металла*. Поверхность Ферми столь же объективна, как кристаллическая решетка. Расположение ионов кристалла в большой мере задает форму и размеры поверхности Ферми. Изменим расположение ионов, и поверхность Ферми, естественно, изменится. Иногда это происходит самопроизвольно — из-за фазового перехода. У α-железа с объемноцентрированной решеткой и у γ-железа с гранецентрированной поверхности Ферми разные. Переход из α-в γ-фазу, происходящий при 910°С, — переход 1-го рода. У графита есть поверхность Ферми — он металл, а у алмаза нет — он диэлектрик, и у него нет свободных электронов. А ведь и графит, и алмаз состоят из атомов углерода. Переход между двумя модификациями углерода — тоже переход 1-го рода, он осуществляется при искусственном производстве алмазов.

У намагниченного железа (ниже точки Кюри) поверхность Ферми отличается от поверхности Ферми железа в парамагнитной фазе — это следствие фазового перехода 2-го рода, упорядочившего (или, наоборот, разупорядочившего — в зависимости от того, в какую сторону шло превращение) магнитные моменты всех свободных электронов. При сверхпроводящем переходе фермиевские электроны, связываясь в пары, создают устойчивый относительно рассеяния (которое является причиной электрического сопротивления) конгломерат или конденсат, способный перемещаться без сопротивления. Кроме того, над занятыми состояниями (выше энергии Ферми) возникает энергетическая щель (область запрещенных значений энергий), препятствующая разрыву пар. Пара может разорваться, если электроны приобретут энергию, бо́льшую энергии щели.

Все это примеры изменений поверхности Ферми (или на поверхности Ферми), сопровождающих фазовые переходы. А нельзя ли увидеть структурное изменение поверхности Ферми?

* Термин «энергетический спектр» привнесен в физику квантовой механикой, установившей, что не всегда частица может иметь любую энергию. Перечень допустимых значений энергий и есть энергетический спектр частицы. Для металла знание электронного энергетического спектра означает знание формы поверхности Ферми.

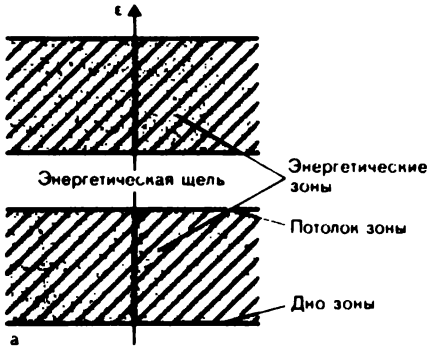
Поверхность Ферми меняет свою топологию

Конечно, никак не воздействуя на металл, ничего не изменишь. А воздействуя, изменишь все — и поверхность Ферми в том числе. Но если воздействовать сравнительно слабо, то и изменение будет малым. Правда, бывают исключения. Воздействуешь сравнительно слабо, а реакция катастрофически большая. Так и говорят — катастрофа. Фазовые переходы — катастрофы. Немного изменили температуру, а объем изменился на конечную величину... Воздействуя на металл, например сжимая его или растягивая, но не перестраивая кристаллическую решетку, можно изменить его поверхность Ферми.

Если бы электроны металла были совершенно свободными, поверхность Ферми представляла бы собой сферу радиуса $p_F = 2\pi\hbar\,(3n_e/8\pi)^{1/3}$, где n_e — число электронов в единице объема, $\hbar$ — постоянная Планка. Сжимая металл, мы, естественно, увеличиваем n_e, и сфера Ферми начинает «раздуваться», оставаясь сперва подобной себе. Затем в процессе дальнейшего воздействия поверхность Ферми в какой-то момент изменит свою форму. Вот это и есть катастрофа. Как же это может произойти?

Поверхность Ферми — одна из изоэнергетических поверхностей (мы уже об этом говорили). Энергия электрона в металле не может быть любой. Есть разрешенные и запрещенные области энергий — зоны (рис. 3). Понятие поверхности Ферми имеет смысл только для разрешенных значений энергии, т. е. только для тех значений, которые могут иметь электроны. Расстояние между областями разрешенных значений энергий называется энергетическими щелями. Здесь электроны находиться не могут. Представим себе, что мы можем, не меняя зависимости $\varepsilon = \varepsilon(\vec{p})$, наполнять зону электронами. Тогда поверхность Ферми последовательно будет принимать форму разных изоэнергетических поверхностей. Существенно, что здесь не обойтись без катастроф. При этом обязательно форма поверхности Ферми должна качественно изменяться. Дело в том, что если энергия Ферми близка к «дну» зоны, то поверхность Ферми всегда замкнута и представляет собой электронный эллипсоид (или сферу), заполненный электронами, а если близка к «потолку» зоны — тоже эллипсоид (или сферу) только дырочный (т. е. свободный от электронов). От одних эллипсоидов к другим без катастрофы не перейти. При увеличении концентрации электронов объем электронных поверхностей (точнее, конечно, объем, ограниченный этими поверхностями) увеличивается. Когда концентрация достигает некоторого критического значения, поверхность Ферми становится открытой. Ее сечения изображаются линиями, непрерывно переходящими из одной ячейки в другую (как на рис. 1, *а*). Действительно, между замкнутыми изоэнергетическими поверхностями обязательно располагаются открытые поверхности (рис. 3, *б*).

Пусть энергия Ферми ε_F близка к тому критическому значению энергии в зоне ε_K, при котором структура поверхности Ферми (топология) качественно изменяется, например замкнутая поверхность переходит в открытую. Тогда достаточно небольшого воздействия на металл, чтобы форма поверхности Ферми изменилась. Мерой воздействия удобно считать величину $z = \varepsilon_F - \varepsilon_K$. При $z > 0$ у поверхности Ферми одна форма, при $z < 0$ — другая. Значение $z = 0$ соответствует точке топологического фазового перехода. Если воздействие осуществляется путем гидростатического сжатия (об этом см. ниже), то поскольку пара-



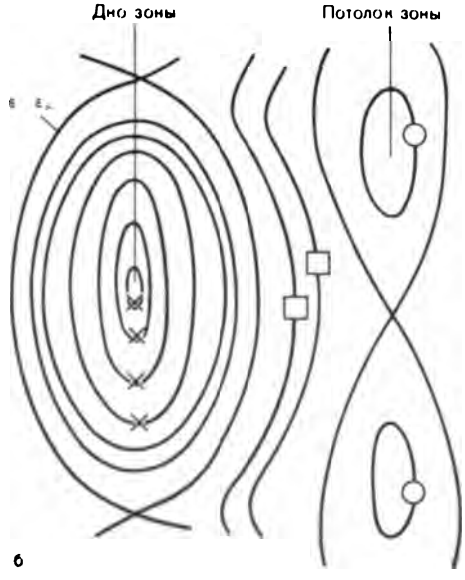


Рис. 3. а) разрешенные энергетические зоны (заштрихованы); б) структура изоэнергетических поверхностей в зоне. Замкнутые линии вблизи дна зоны (они обозначены крестиками) представляют собой плоские сечения изоэнергетических поверхностей электронного типа. Соответственно замкнутые линии вблизи потолка зоны (они обозначены кружками) являются сечениями изоэнергетических поверхностей дырочного типа. Сечения открытых поверхностей обозначены квадратами

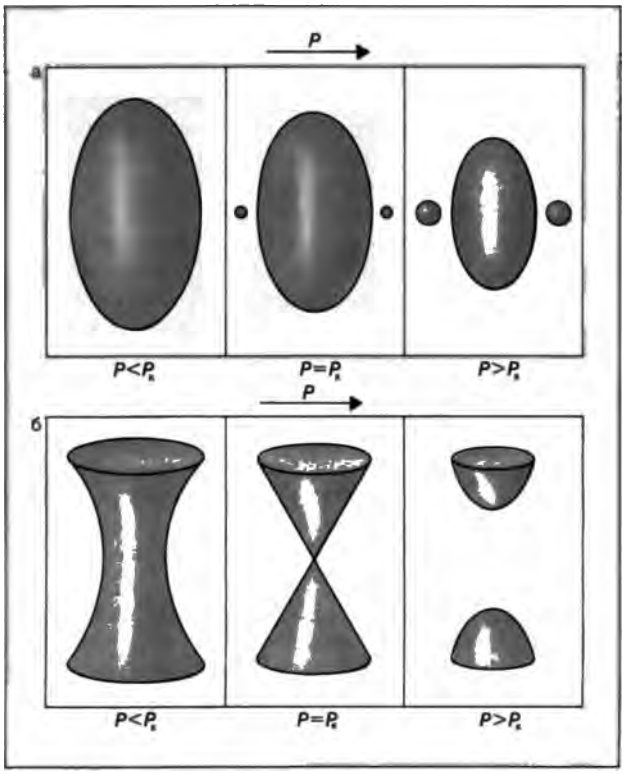


Рис. 4. а) образование новой полости поверхности Ферми при $P = P_к$; б) разрыв перемычки у поверхности Ферми при $P = P_к$

метр z зависит от параметров кристаллической решетки, а следовательно, и от давления P, то при некотором давлении $P = P_к$ z обращается в нуль, т. е. происходит переход от одной формы поверхности Ферми к другой.

Изоэнергетические поверхности и тем самым поверхности Ферми поразительно разнообразны. Каталог поверхностей Ферми напоминает каталог выставки современного скульптора-абстракциониста. Но изменение формы поверхности Ферми при бесконечно малом воздействии может произойти только одним из двух способов: либо зарождается (исчезает) бесконечно малая полость поверхности Ферми (рис. 4, *а*), либо возникает (рвется) перемычка (рис. 4, *б*).

В топологии существует понятие связность, позволяющее придать качественному изменению формы численную характеристику: при $z = 0$ скачком изменяется связность поверхности Ферми, происходит топологический переход. Симметрия кристалла при этом остается той же, а форма поверхности Ферми меняется.

К чему приводит топологический переход

Мы уже говорили, что топологический переход имеет термодинамические последствия. Но для наблюдения, идентификации и исследования топологических переходов особенно существенны те эффекты, которые чувствительны к локальной структуре поверхности. К таким явлениям относятся осцилляционные эффекты де Гааза—ван Альфена и Шубникова—де Гааза, гальваномагнитные эффекты в сильных магнитных полях и взаимодействие ультразвуковой волны с металлом.

Эффекты де Гааза — ван Альфена и Шубникова — де Гааза заключаются в том, что магнит-

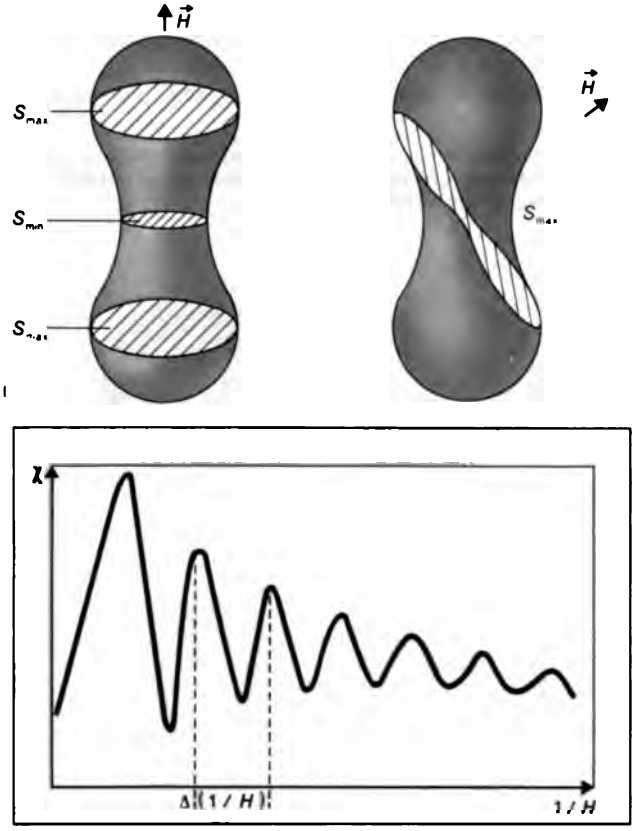


Рис. 5. Площади экстремальных (максимального и минимального) сечений поверхности Ферми определяют периоды осцилляций магнитной восприимчивости и электрического сопротивления в магнитном поле. Внизу — характерная осциллирующая зависимость магнитной восприимчивости χ от величины $\Delta \frac{1}{H}$ (где H — напряженность магнитного поля)

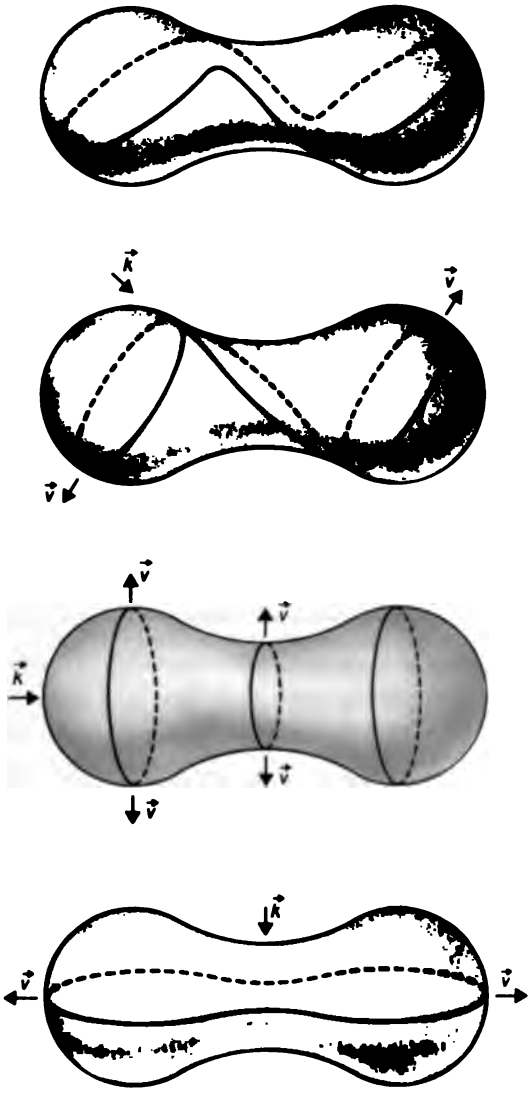
ная восприимчивость χ и электрическое сопротивление ρ монокристаллических образцов металлов периодически изменяются (осциллируют) с изменением магнитного поля H. Периоды таких осцилляций $\Delta \frac{1}{H}$ определяются экстремальными (по проекции импульса на магнитное поле) сечениями (S_{max} и S_{min}) поверхности Ферми: $\varepsilon(\vec{p}) = \varepsilon_F$. (рис. 5). Топологический переход может сопровождаться изменением числа таких сечений.

В гальваномагнитных эффектах наиболее чувствительна к топологическому переходу зависимость поперечного (относительно магнитного поля) электрического сопротивления металлов от величины магнитного поля. У металлов с

замкнутой поверхностью Ферми электрическое сопротивление слабо возрастает в магнитном поле и в сильных магнитных полях быстро достигает постоянного значения. Возникновение при топологическом переходе открытой поверхности Ферми приводит к неограниченному возрастанию электрического сопротивления. Таким образом, переход от замкнутой поверхности Ферми к открытой (или наоборот) вызывает гигантское изменение величины электрического сопротивления металла в магнитном поле.

Взаимодействие электронов с ультразвуковой волной, распространяющейся в металле, вызывает ее затухание. Однако оказывается, что не все электроны на поверхности Ферми одинаково эффективно участвуют в этом процессе. Наибольший вклад вносят электроны, у которых скорость $\vec{v}$ направлена перпендикулярно направлению распространения волны $\vec{k}$. Эти электроны расположены на узких поясках поверхности Ферми (рис. 6). Если при изменении поверхности Ферми меняется форма пояска, то это приводит к изменению коэффициента поглощения звуковой волны в металле. Интересно подчеркнуть, что вклад отдельной петли пояска в коэффициент поглощения звука не зависит от размеров петли. Это означает, что появление или исчезновение маленького эллипсоида у поверхности Ферми при топологическом переходе должно изменить коэффициент поглощения на конечную величину.

Рис. 6. Эффектиные пояски на поверхности Ферми, у которых скорость электронов v перпендикулярна направлению распространения волны k



Все перечисленные явления можно наблюдать при низких температурах только на совершенных и однородно деформированных монокристаллических образцах.

Как создать высокие давления при низких температурах?

Как мы уже говорили, чтобы вызвать топологический переход, надо «подобраться» к критическому давлению P_k. Величина его у различных металлов различна, но всегда давление достаточно велико (соответствующие цифры мы приведем ниже). Создавать большие давления можно разными способами, однако, чтобы наблюдать топологические переходы, надо преодолеть специфические трудности: ведь экспериментировать необходимо при низких температурах, когда результаты особенно чувствительны к форме поверхности Ферми. Вызвать топологический переход можно не только всесторонним сжатием, но и анизотропной деформацией, в частности одноосной, растягивая или сжимая образец вдоль одной из его осей. Между всесторонним сжатием и анизотропной деформацией есть принципиальные различия. Их основные характеристики можно представить в таблице (см. стр. 179).

Создавать высокие давления и проводить исследования со всесторонне сжатыми или упруго деформированными образцами — сложная задача даже при комнатных температурах, тем более при низких — вблизи абсолютного нуля. Сложность этой задачи заключается в следующем. При высоких температурах давление от компрессора (или пресса) к образцу обычно передается жидкой средой, благодаря чему достигается гидростатичность сжатия. Поскольку вязкость всех сред возрастает при увеличении давления, выбираются такие жидкости, у которых вязкость наиболее слабо изменяется при сжатии.

Таблица

Всестороннее сжатие	Анизотропная деформация
Симметрия кристаллической решетки не изменяется	Симметрия кристаллической решетки изменяется
Изменение объема может быть сколь угодно большим*	Максимальная деформация ограничивается пределом упругости образца
Объем всегда уменьшается	Объем может как уменьшаться, так и увеличиваться

* Конечно, если в кристаллической решетке металла не наступает фазовый переход, практически изменение объема ограничено областью давлений, в которой сжатие однородно, то есть гидростатично.

С другой стороны, известно, что при понижении температуры вязкость жидкостей сильно увеличивается, а при достаточно низких температурах все жидкости замерзают. Аналогичная ситуация имеет место и при использовании газов в качестве среды, передающей давление: при понижении температуры газы сначала превращаются в жидкость, а затем затвердевают. Единственный газ, который после ожижения остается жидкостью до самых низких температур, — гелий.

Однако если для создания давления использовать жидкий гелий, то с его помощью можно получать очень небольшие давления; при сжатии жидкий гелий затвердевает. При температуре 4,2 К (температура кипения жидкого гелия при атмосферном давлении) гелий становится твердым уже при давлении около 100 атм. При дальнейшем увеличении давления пластичность твердого гелия уменьшается, и создаваемые давления перестают быть гидростатичными.

Долгое время считалось, что сочетать низкие температуры и высокие давления невозможно. Впервые прорыв в область высоких давлений при низких температурах был осуществлен в 1944 г. академиком АН УССР Б. Г. Лазаревым (Харьковский физико-технический институт), который предложил использовать для создания давления при низких температурах воду. Давно известно, что вода, замерзая, расширяется. Это всегда приносило и сейчас приносит огромный вред: зимой лопаются водопроводные трубы, разрушаются дорожные покрытия и т. д.

Б. Г. Лазарев обратил это разрушительное свойство воды на благо. Изобретенная им знаменитая «ледовая бомба» сыграла важную роль в развитии низкотемпературной физики высоких давлений. С ее помощью впервые в мире были проведены исследования сверхпроводящих, электрических и гальваномагнитных свойств метал-

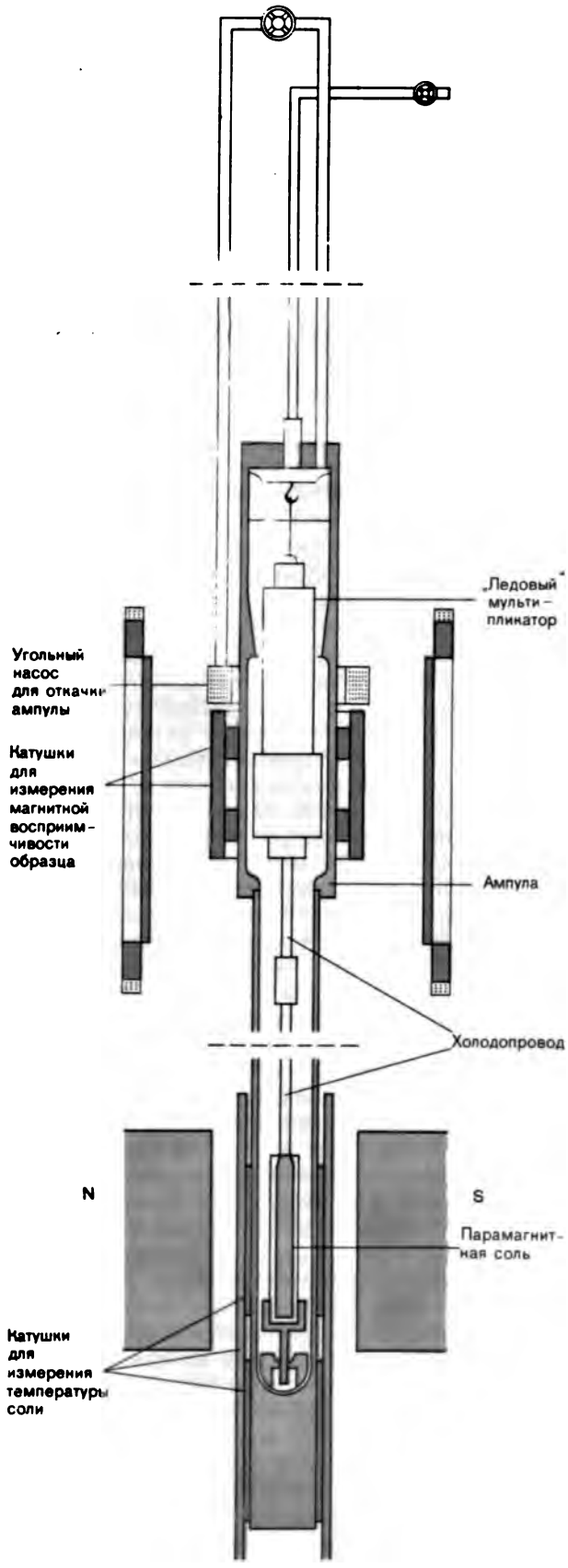


Рис. 7. Схема прибора для получения сверхвысоких давлений при сверхнизких температурах

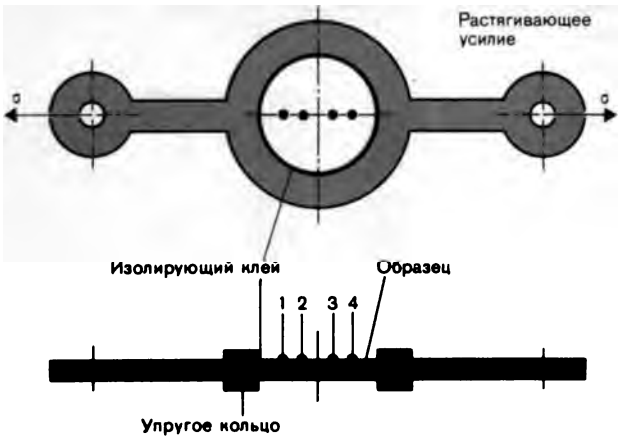


Рис. 8. Устройство для создания сильных деформаций типа одноосного растяжения. 1,2 и 3,4 — электроды для измерения электрического сопротивления

лов и полуметаллов под давлением до 2000 атм при температуре жидкого гелия.

Идея, использованная при создании «ледовой бомбы», очень проста. Герметически закрывающаяся камера, в которой расположен исследуемый образец, заполняется при комнатной температуре водой. Затем она медленно охлаждается. При замерзании воды в камере развивается давление, достигающее приблизительно 2000 атм, которое сохраняется (консервируется!) при охлаждении. Таким образом, оказалось, что не нужен даже специальный компрессор или пресс.

Этот остроумный метод получения высоких давлений при низких температурах был позднее использован одним из авторов статьи (Н. Б. Брандтом) и кандидатом технических наук Н. И. Гинзбург (МГУ), которые на основе «ледовой бомбы» создали в 1961 г. «ледовый» мультипликатор. В нем впервые были получены очень высокие (до 30 000 атм!) давления при необычайно низких температурах, отличающихся от температуры абсолютного нуля только на 0,1 К. Схема прибора изображена на рис. 7.

Одновременно был найден способ, позволивший регулировать величину создаваемого давления. Так как при замерзании воды в камере постоянного объема всегда развивается одно и то же давление, от использования воды отказались. Воду заменили водно-спиртовыми растворами. Давление, которое возникает при замораживании таких растворов, определяется концентрацией спирта и монотонно меняется от максимального давления, возникающего при замерзании чистой воды, до нуля при содержании спирта в растворе около 35%. Появилась возможность не только создавать очень высокое давление при низких и сверхнизких (ниже 1 К) температурах, но и изменять его, а значит, исследовать, как меняются свойства веществ при изменении давления.

Дальнейшие успехи в развитии низкотемпературной физики высоких давлений связаны с работами доктора физико-математических наук Е. С. Ицкевича (Институт физики высоких давлений АН СССР). В 1963 г. он сконструировал автономную камеру высокого давления. В отличие от «ледовой» методики давление в камере создавалось при комнатной температуре с помощью пресса, а в качестве среды, передающей давление к образцу, использовалась смесь керосина и масла. После того как было достигнуто необходимое давление, его фиксировали, применяя специальное зажимное устройство. Камеру вынимали из пресса и постепенно охлаждали до низкой температуры. Этот метод позволил получать давления 15 000—18 000 атм, причем весьма высокой однородности. Это дало возможность исследовать такие чувствительные к структурным изменениям эффекты, как гальваномагнитные и осцилляционные (о них мы уже говорили). Необходимое условие их наблюдения — совершенство образца, в частности его однородность. Более того, факт наблюдения осцилляций может служить и обычно служит гарантией качества образца.

В последние годы были разработаны различные методы создания сильной анизотропной упругой деформации кристаллов при низких температурах. Метод, разработанный на кафедре физики низких температур МГУ кандидатом физико-математических наук Н. Я. Мининой, позволил наблюдать интересные топологические переходы (об этом мы расскажем ниже). Идея метода заключается в создании определенных граничных условий на поверхности деформируемого образца. Удалось не только достичь очень больших (для массивных образцов) упругих деформаций (около 0,5%) у таких «мягких» веществ, как висмут, сурьма и их сплавы, олово, свинец и т. п., но и варьировать характер деформации, т. е. управлять смещением атомов в кристаллической

СТО ЛЕТ НАЗАД

АНГЛИЯ. *Изобретатели термометрических шкал. **Англия**, замечает газета „News", ввела у себя термометр **Фаренгейта**, который был немец; германцы определяют теплоту по Реомюру, который был француз; **французы приняли** термометрическую шкалу шведа — **Цельсия**, **тогда как** шведы усваивают термометр Лесли — **родом британца**.*

«Фотограф»

АНГЛИЯ. *Уничтожение морского волнения **маслом**. **Произведен** интересный опыт в Фелькстонском **рейде по ограждению** его от внешнего волнения узкою **полосою тонкого** слоя масла. Для образования полосы была **устроена** цепь из плавучих пористых трубок, соединенных **с насосами**, накачивающими масло в эту цепь. **При очень** сильном волнении, как только масляная полоса **образовалась**, поверхность воды в рейде совсем **успокоилась**, хотя за этой лентой море бушевало с прежней **силой**.*

«Вестник промышленности»

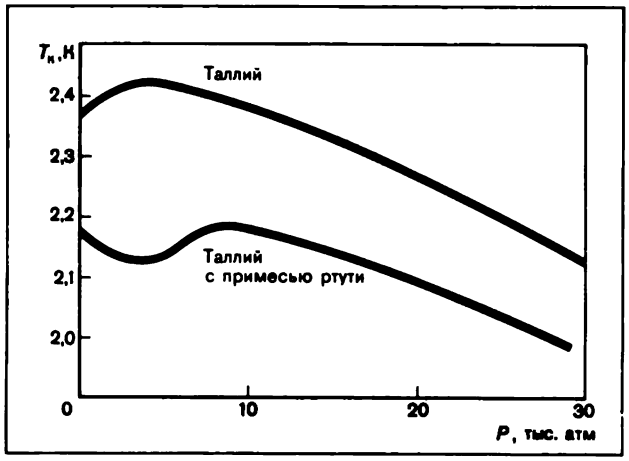


Рис. 9. Изменение температуры перехода T_k в сверхпроводящее состояние у таллия и сплава таллия со ртутью при сжатии

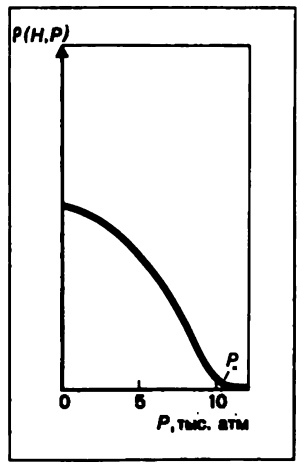


Рис. 10. При топологическом переходе электрическое сопротивление $\rho(H, P)$ в магнитном поле перестает меняться

решетке в широких пределах. В одном из вариантов метода образец в виде круглого диска растягивается настолько однородно, что удается наблюдать отчетливые осцилляции электрического сопротивления в магнитном поле: эффект Шубникова — де Гааза (рис. 8).

Как были открыты топологические переходы

В 1964—1965 гг. на кафедре физики низких температур МГУ совместно с учеными Харьковского физико-технического института проводились исследования по влиянию давления на сверхпроводящие свойства чистого таллия и таллия с примесью элементов большей и меньшей валентности. Эти исследования, которые проводились в описанном выше «ледовом» мультипликаторе, привели к неожиданному результату: вопреки сложившимся в то время представлениям оказалось, что температура перехода T_k в сверхпроводящее состояние у таллия и его сплавов изменяется при сжатии сложным немонотонным образом, причем характер зависимости T_k от P меняется при изменении концентрации и сорта примесей (рис. 9). Было высказано предположение, что за аномалию «отвечает» электронный топологический переход. Вскоре вопрос о том, как должен повлиять топологический переход на T_k, был рассмотрен теоретически. Сравнение теоретических расчетов с экспериментальными данными указывало на то, что наблюдаемые аномалии — действительно следствие топологического фазового перехода у таллия под давлением.

Независимо от этих исследований на той же кафедре физики низких температур кандидат физико-математических наук Я. Г. Пономарев изучал влияние давления на гальваномагнитные и осцилляционные свойства висмута и сплавов висмута с сурьмой, легированных донорными и акцепторными примесями (т. е. элементами, отдающими избыточные электроны веществу, в которое они вводятся, или, наоборот, забирающими электроны у вещества). Было обнаружено, что при определенных «критических» давлениях P_k гальваномагнитные свойства сплавов качественно меняются. Критическое давление P_k разделяет шкалу давлений на две области. В этих областях одно и то же вещество ведет себя совершенно поразному, как будто это два различных вещества (рис. 10), хотя при P_k ни удельный объем, ни симметрия его кристаллической решетки не меняются. Ясно, что это не фазовый переход 1-го или 2-го рода.

Одновременно в Институте физики высоких давлений АН СССР доктор физико-математических наук Е. С. Ицкевич с сотрудниками исследовали влияние давления на анизотропию сопротивления у монокристаллов кадмия в сильных магнитных полях при низких температурах. Начиная с некоторого давления на кривой зависимости электрического сопротивления от ориентации постоянного магнитного поля относительно осей кристалла возникает острый минимум, глубина которого увеличивается с ростом давления. Возникновение минимума можно было интерпретировать (на основе теории гальваномагнитных явлений у металлов в сильных магнитных полях, построенной И. М. Лифшицем с сотрудниками) как качественное изменение структуры поверхности Ферми кадмия под давлением.

Таким образом, приблизительно в одно и то же время тремя независимыми методами у различных металлов были обнаружены аномалии их свойств под давлением. Причина аномалии (как предположили авторы) — скачкообразное изменение топологии поверхности Ферми. Это предположение получило в дальнейшем многократные подтверждения в работах, выполненных в нашей стране и за рубежом.

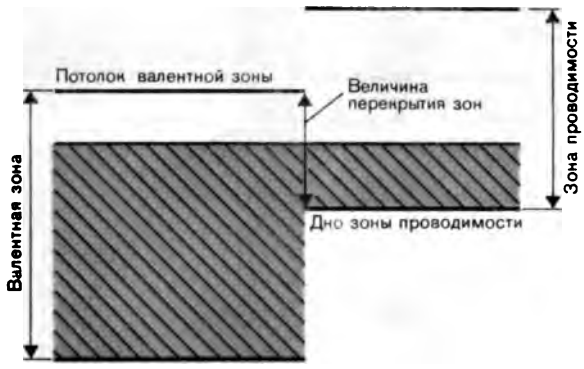


Рис. 11. Схема, иллюстрирующая образование равного числа электронов и дырок при перекрытии валентной зоны и зоны проводимости

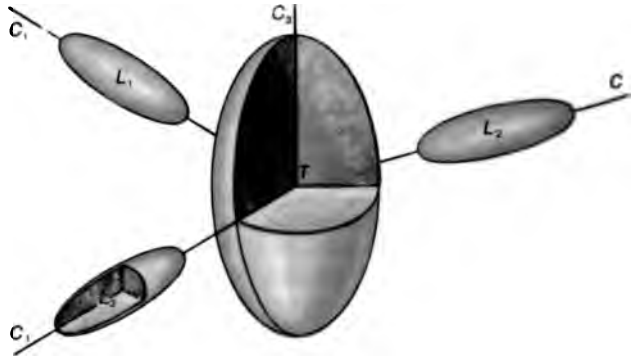


Рис. 12. Поверхность Ферми у висмута. Вокруг точки T расположен дырочный эллипсоид, вокруг точек L_1, L_2 и L_3 — три сильно вытянутых электронных эллипсоида

Топологические переходы при всестороннем сжатии

Впервые влияние давления на гальваномагнитные свойства было исследовано, как уже упоминалось, у висмута и его сплавов. Висмут — элемент V группы Периодической системы элементов Менделеева. Элементарная ячейка кристалла — ромбоэдр. Висмут обладает равным числом электронов и дырок.

Причину появления равного и небольшого числа электронов и дырок у висмута можно пояснить следующим образом. Две энергетические зоны, изображенные на рис. 3, *а*, не перекрываются. Поэтому если нижняя зона, которую принято называть валентной, полностью заполнена электронами, а верхняя зона, которую обычно называют зоной проводимости, пуста, то вещество с таким энергетическим спектром является или полупроводником, или диэлектриком. Предположим теперь, что зоны перекрываются, т. е. дно зоны проводимости находится ниже потолка валентной зоны, тогда электроны из верхней части валентной зоны перетекут (как жидкость в сообщающихся сосудах) в пустую зону проводимости (рис. 11). В валентной зоне образуются пустые места — дырки; в зоне проводимости появляются электроны. Очевидно, что в этом случае число дырок будет в точности равно числу электронов, т. е. объемы электронной и дырочной поверхностей Ферми оказываются равными. Такую ситуацию мы и наблюдаем у висмута.

Поверхность Ферми висмута состоит из одного дырочного и трех электронных эллипсоидов (рис. 12). Под действием давления величина перекрытия уменьшается. Электроны из зоны проводимости перетекают обратно в валентную зону. При этом уменьшается число электронов в зоне проводимости и число дырок в валентной зоне. Одновременно уменьшаются объемы дырочного и электронных эллипсоидов. В 1964 г. аспирантом из Румынии Д. Балла и Н. Б. Брандтом было доказано, что при давлении около 27 тыс. атм перекрытие зон у висмута должно обратиться в нуль. Это означает, что при таком давлении все полости поверхности Ферми висмута стягиваются в точки и висмут превращается в полупроводник. Однако не удалось наблюдать переход металл — полупроводник у висмута, так как при давлении, меньшем 27 тыс. атм, висмут при комнатной температуре переходит в кристаллическую модификацию Bi-II путем обычного фазового перехода 1-го рода, сопровождающегося скачкообразным изменением объема и перестройкой кристаллической решетки (заметим,

Рис. 13. Поверхность Ферми у мышьяка

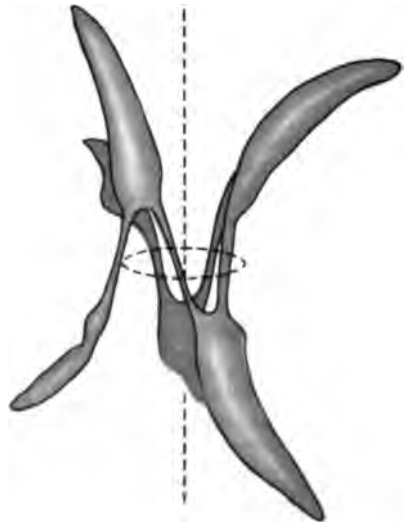
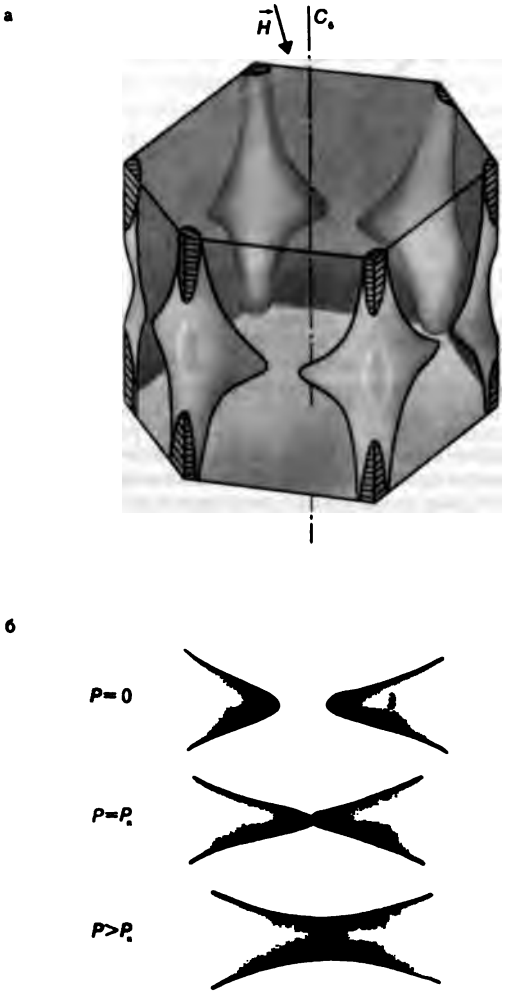


Рис. 14. Дырочная часть поверхности Ферми у кадмия при нулевом давлении состоит из шести вытянутых вдоль гексагональной оси C_6 образований сложной формы. Между «отростками» у этих образований в базисной плоскости имеются разрывы (а). Под давлением «отростки» удлиняются, при $P = P_к$ они сливаются, появляются конические точки и при $P > P_к$ возникают перемычки (б)



между прочим, что Bi-II — сверхпроводник). Кроме того, величина давления перехода (27 тыс. атм) оказалась слишком большой: монокристаллы не выдерживали такого давления. Интересно было найти вещество с меньшим перекрытием зон. Таким веществом оказался сплав висмута с сурьмой.

Использование сплавов висмут — сурьма позволило наблюдать и исследовать переходы не только металл — полупроводник, но и металл — диэлектрик в области легко доступных давлений. Одновременно появилась следующая интересная возможность. Представим себе, что путем добавления в сплавы акцепторной примеси нам удалось уменьшить концентрацию электронов и увеличить концентрацию дырок. Тогда уменьшение перекрытия уже не приведет к переходу сплава в диэлектрическое состояние, так как после снятия перекрытия число электронов в зоне проводимости обратится в нуль и останутся только избыточные дырки — произойдет топологический фазовый переход, при котором исчезают три электронные поверхности Ферми, а остается только одна дырочная.

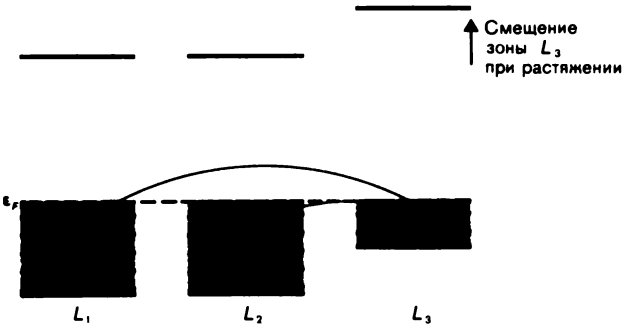
Совершенно другой тип топологического перехода наблюдался академиком АН УССР А. А. Галкиным с сотрудниками в Донецком физико-техническом институте при исследовании ультразвуковыми методами влияния давления на поверхность Ферми мышьяка. Дырочная часть поверхности Ферми мышьяка сложна. Она состоит из шести сердцеобразных поверхностей, соединенных, как артериями, тонкими перемычками (рис. 13). Под давлением центральная часть перемычек сужается, образуется перетяжка, которая становится все тоньше и тоньше. При давлении $P_к \approx 3000$ атм на перетяжке появляется коническая точка. При давлениях, бóльших $P_к$, перемычки разрываются, и односвязная поверхность превращается в совокупность шести изолированных поверхностей.

Е. С. Ицкевич с сотрудниками обнаружил у кадмия обратное явление — объединение изоэнергетических поверхностей в сложное многосвязное образование (рис. 14). Переход сопровождается качественным изменением движения электронов в магнитном поле. Если при ориентации магнитного поля H под малым наклоном к гексагональной оси C_6 электроны до перехода двигались по замкнутым траекториям, то при достижении $P > P_к = 16$ тыс. атм возникают открытые траектории очень сложной формы. Изменение динамики электронов при топологическом переходе приводит к качественному изменению поведения электрического сопротивления в сильном магнитном поле: при возникновении открытых траекторий неограниченное возрастание сопротивления сменяется насыщением в очень сильных полях. В результате в постоянном магнитном поле на кривой зависимости сопротивления от направления магнитного поля относительно осей кристалла появляется острый минимум.

Интересный топологический переход наблюдали доктора физико-математических наук В. Г. Веселаго, Е. С. Ицкевич и другие у теллура. Две изолированные дырочные изоэнергетические поверхности при увеличении давления вытягиваются навстречу друг другу и при критическом давлении сливаются, образуя гантелеобразную дырочную поверхность.

Топологические переходы при анизотропных деформациях

Изменение формы и симметрии решетки, обязанное анизотропной деформации, приводит к тому, что точки в пространстве импульсов, обладающие



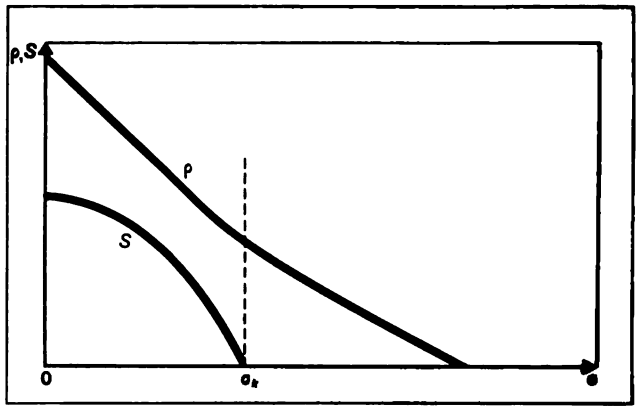


Рис. 15. Схема, иллюстрирующая перераспределение электронов между зонами при нарушении их эквивалентности. Когда зона L_3 поднимается, электроны перетекают из нее в зоны L_1 и L_2

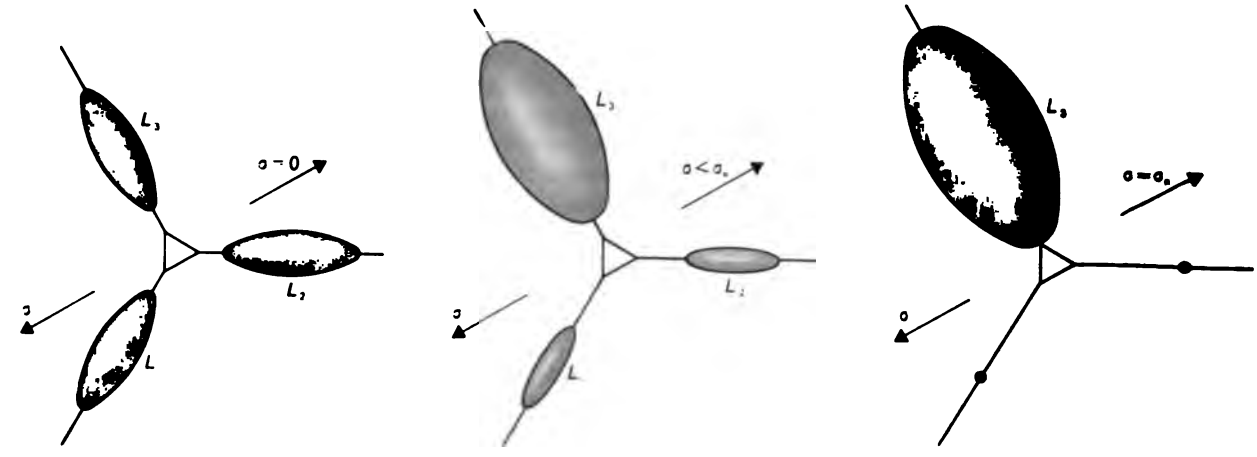
Рис. 16. Зависимости электрического сопротивления и одного из экстремальных сечений S электронного эллипсоида от величины растягивающего усилия для нитевидного кристалла висмута. При критической деформации один электронный эллипсоид исчезает, а на кривой зависимости ρ от σ появляется излом

одинаковой симметрией до деформации (эквивалентные точки), теряют свою эквивалентность. При деформации энергетические зоны, соответствующие этим точкам, смещаются относительно друг друга. В результате этого смещения электроны из одной зоны перетекают в другие или наоборот. Например, при растяжении висмута вдоль одной из бинарных осей зона в точке L_3 поднимается относительно двух других зон, расположенных в точках L_1 и L_2 (рис. 15). При этом электроны эллипсоида, расположенного вокруг точки L_3, перетекают в эллипсоиды, окружающие точки L_1 и L_2. Объем изоэнергетической поверхности вокруг L_1 и L_2 возрастает, а вокруг L_3 уменьшается. При критическом значении деформации $\sigma_к$ поверхность Ферми в L_3 стягивается в точку и исчезает — происходит топологический переход. Такой переход наблюдал доктор физико-математических наук Ю. П. Гайдуков (МГУ) при растяжении нитевидного кристалла висмута. На рис. 16 показано изменение с напряжением σ площади одного экстремального сечения S электронного эллипсоида в точке L_3 и электросопротивления ρ кристалла. В точке перехода (при $\sigma = \sigma_к$) скорость изменения сопротивления уменьшается, на кривой $\rho = \rho(\sigma)$ появляется излом.

Аналогичный переход наблюдали кандидаты физико-математических наук В. А. Кулбачинский и Н. Я. Минина (МГУ) при растяжении монокристалла висмута в кольце. Им удалось увидеть не только уменьшение сечений (и, следовательно, объема) поверхности Ферми в точке L_3, но и возрастание сечений (объемов) у эллипсоидов вокруг точек L_1 и L_2 и дырочного эллипсоида вокруг точки T.

Интересные топологические переходы эти же авторы наблюдали при растяжении сплава висмут — сурьма, легированного донорной примесью. Без деформации поверхность Ферми этого сплава — три эквивалентных электронных эллипсоида в точках L (см. рис. 12). При растяжении вдоль бинарной оси объем двух электрон-

Рис. 17. Схема, иллюстрирующая топологический переход трех электронных эллипсоидов в один электронный эллипсоид



ных эллипсоидов L_1 и L_2 уменьшается, а третьего (L_3) увеличивается. При критическом значении деформации $\sigma = \sigma_к$ объемы поверхностей в L_1 и L_2 вырождаются в точки, а поверхность в L_3 достигает максимального значения. Происходит топологический переход. Изменения поверхности Ферми при таком переходе изображены на рис. 17.

При одноосных деформациях типа растяжения у легированных сплавов висмут — сурьма в настоящее время обнаружен целый ряд топологических фазовых переходов различного типа. В частности, у полупроводниковых сплавов могут происходить топологические переходы из полупроводникового в металлическое состояние с образованием одного электронного и одного дырочного эллипсоидов или двух электронных и одного дырочного.

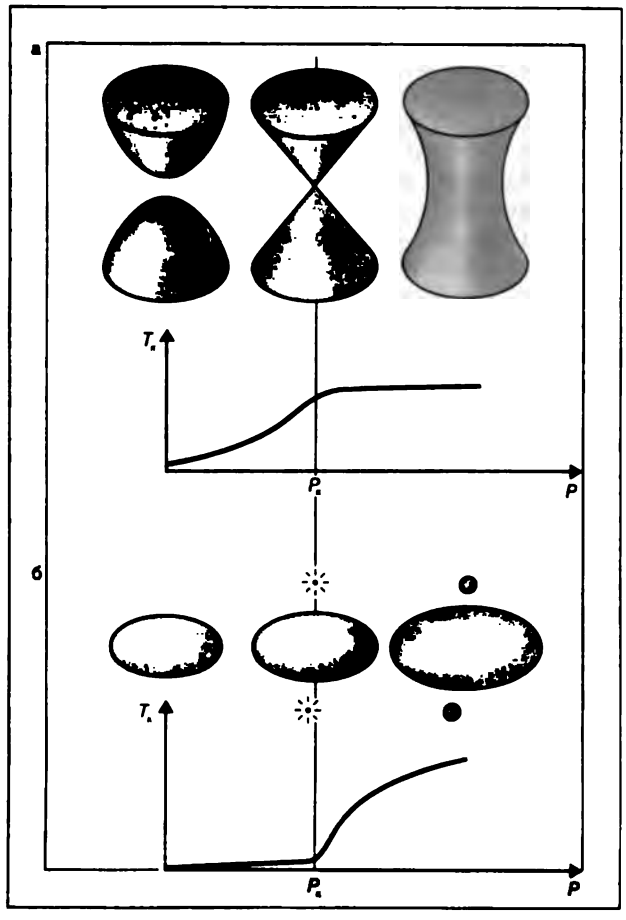
В заключение этого раздела подчеркнем роль примесей при исследовании топологических переходов. Примеси элементов, обладающих большей или меньшей валентностью, чем исследуемое вещество, выполняют роль доноров или акцепторов, увеличивая или уменьшая концентрацию электронов и, соответственно, повышая или понижая энергию Ферми у исследуемого вещества. Так как энергия Ферми ε_F под действием давления у данного вещества смещается всегда в одну и ту же сторону, примеси позволяют изменять величину критического давления, при котором происходит топологический переход, в широких пределах. Например, если энергия Ферми меньше $\varepsilon_к$, то используя донорные примеси, можно сколь угодно близко подойти по энергии к значению $\varepsilon_к$. В этом случае, если энергия Ферми возрастает при сжатии, значения $P_к$ должны уменьшаться при введении примеси. Наоборот, если ε_F превышает $\varepsilon_к$ (в этом случае топологический переход не наблюдается), то вводя акцепторные примеси, уменьшающие ε_F, можно понизить энергию Ферми до значений, меньших $\varepsilon_к$, и затем, увеличивая ε_F давлением, наблюдать у соответствующих сплавов топологический переход.

Топологические переходы и сверхпроводимость

Сверхпроводимость — одно из наиболее интересных явлений в современной физике — заключается в том, что при охлаждении металла при определенной (для каждого металла) температуре его электрическое сопротивление скачком обращается в нуль. Температура $T_к$, при которой это происходит, получила название температуры сверхпроводящего перехода. Ниже $T_к$ электрический ток в замкнутой сверхпроводящей цепи может циркулировать неограниченно долго, без затухания. Заметим, что это единственный в природе пример вечного движения в макроскопических масштабах.

При переходе металла в сверхпроводящее состояние его кристаллическая решетка практически не изменяется. Сверхпроводимость — чисто электронное явление. Естественно, что свойства сверхпроводников, и в первую очередь температура $T_к$ перехода в сверхпроводящее состояние, должны зависеть от свойств электронов на поверхности Ферми. Всякое изменение поверхности Ферми должно приводить к изменению температуры перехода в сверхпроводящее состояние. Однако если поверхность Ферми меняется слабо, сохраняя свою топологию, то и $T_к$ изменяется незначительно. Причем слабому изменению поверхности Ферми соответствует монотонное изменение (уменьшение или повышение) температуры перехода в сверхпроводящее состояние.

Рис. 18. Изменение температуры сверхпроводящего перехода $\Delta T_к$ при топологических переходах, сопровождающихся образованием (разрывом) перемычки (а) и появлением (исчезновением) новых изоэнергетических поверхностей (б). При разрыве перемычки температура сверхпроводящего перехода уменьшается, а при образовании перемычки, наоборот, возрастает. Появление новых поверхностей приводит к увеличению $T_к$, а их исчезновение — к уменьшению



Как уже указывалось, наиболее удобным способом изменять поверхность Ферми оказывается сжатие металла.

Экспериментально установлено, что под действием давления $T_к$ у большинства металлов при отсутствии топологических переходов уменьшается.

Ситуация качественно меняется, когда происходит топологический переход. Он приводит к немонотонной зависимости температуры перехода в сверхпроводящее состояние от давления. Такая зависимость впервые наблюдалась при исследовании влияния давления на $T_к$ у чистого таллия и таллия с примесями других элементов.

Как было сказано выше, температура сверхпроводящего перехода таллия с примесью ртути при увеличении давления сначала падает, затем возрастает, проходит через максимум и снова уменьшается (рис. 9). Дальнейшие исследования таллия с примесями индия, сурьмы и ртути и сравнение полученных данных с теорией позволили установить, что у таллия с примесями при сжатии происходит топологический фазовый переход, сопровождающийся образованием шести новых изоэнергетических поверхностей.

Аномальную зависимость $T_к$ от давления P, связанную с появлением при $P_к \approx 6{,}5$ тыс. атм новых участков поверхности Ферми, наблюдали также Г. В. Чу (G. V. Chu), Т. Ф. Смит (T. F. Smith) и В. Е. Гарднер (W. E. Gardner) у рения.

Т. Ф. Смит и Лоу (Low), а также ученые Харьковского физико-технического института кандидат физико-математических наук И. М. Волынский и доктор физико-математических наук В. И. Макаров обнаружили нерегулярности на зависимости $T_к$ от P у индия, обусловленные топологическим переходом с появлением новых участков поверхности Ферми при $P \approx 6$ тыс. атм, и у сплавов индия с кадмием — при интересном топологическом переходе, когда изолированные участки поверхности Ферми объединяются в тороидальные кольца.

При топологических переходах, когда поверхность Ферми качественно изменяется на зависимости $T_к$ от давления P появляется характерная аномалия. Ее форма определяется типом топологического перехода и может быть использована для его идентификации (рис. 18).

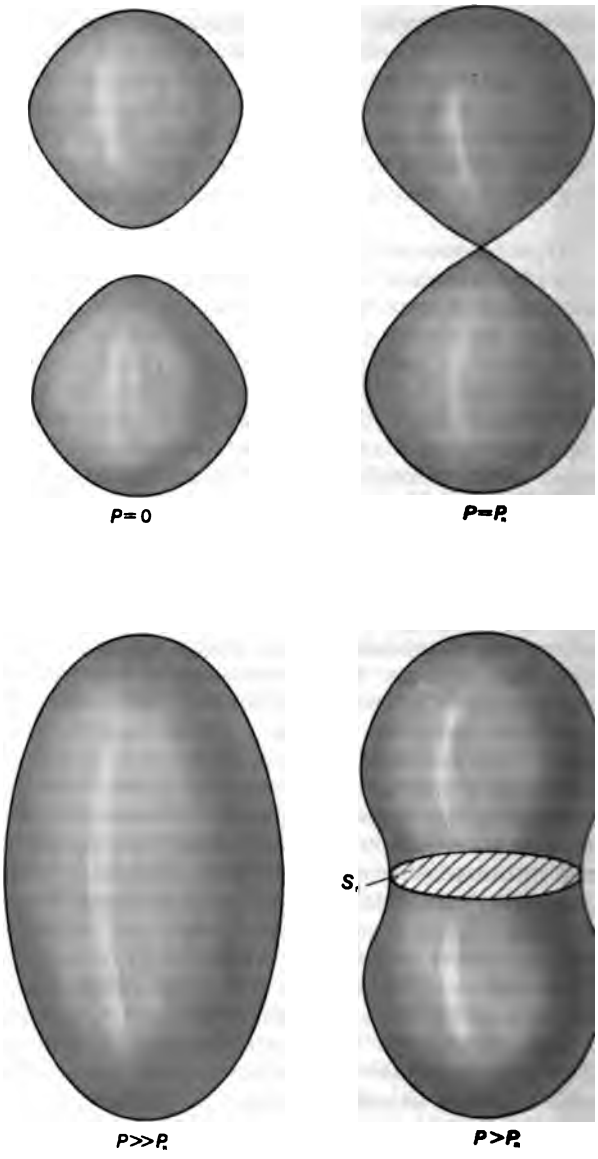
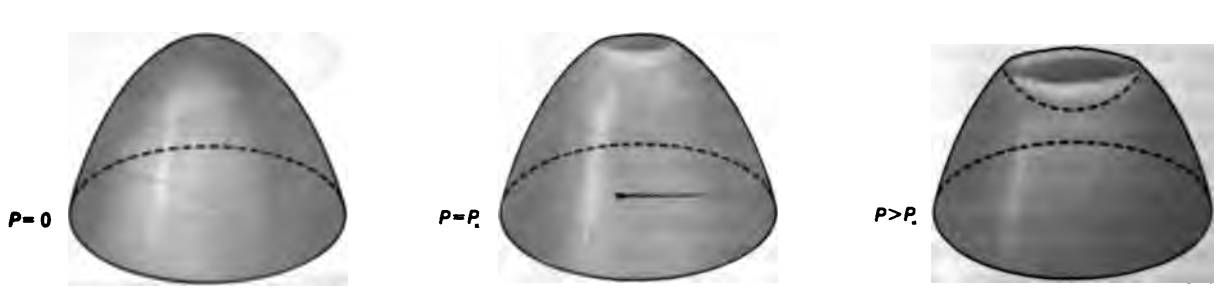


Рис. 19. Образование гантелеобразной (при $P > P_к$) и эллипсоидальной (при $P \gg P_к$) поверхностей Ферми у теллура при сжатии ($S_п$ — площадь сечения перетяжки)

Рис. 20. Возникновение «кратера» на поверхности Ферми при $P > P_к$



Обобщенные топологические переходы

Под топологическим переходом выше мы понимали такую деформацию поверхности Ферми, при которой скачком меняется ее связность. В каком-то смысле — это предельный случай. Изменения могут быть не столь «катастрофичны» и в то же время вызывать качественные изменения свойств металла. Поэтому всю совокупность явлений, связанных с качественной перестройкой поверхности Ферми и изменениями ее локальных характеристик, удобно характеризовать новым термином — обобщенный топологический переход. На рис. 19 изображена поверхность Ферми теллура, которая при давлениях, не очень сильно превышающих критическое, имеет перетяжку. Появление (исчезновение) перетяжки практически не отражается на термодинамических свойствах электронного газа в отсутствие магнитного поля. Но если магнитное поле велико и направлено вдоль главной оси, а температура достаточно низка, то осцилляционные картины (см. рис. 5) в зависимости от того, есть перетяжка или ее нет, совершенно различны. При возникновении перетяжки скачком появляется новый период, пропорциональный площади сечения перетяжки. И число поясков электронов (см. рис. 6), эффективно взаимодействующих со звуковой волной, распространяющейся вдоль оси кристалла, скачком увеличивается.

На рис. 20 показан другой вариант изменения локальных свойств поверхности Ферми в условиях сохранения ее связности. При $P = P_к$ на поверхности Ферми зарождается кратер. Анализ показывает, что это должно привести к аномалиям коэффициента поглощения звуковой волны металлом. Воздействуя на металл, можно изменить поверхность Ферми так, чтобы изменился именно тот ее участок, который «отвечает» за определенное свойство, — произойдет обобщенный топологический переход.

Но можно добиться качественного изменения наблюдаемых явлений, связанных с локальными свойствами поверхности Ферми, не изменяя самой поверхности. Наиболее наглядный пример — трансформация пояска эффективных электронов на поверхности Ферми, похожей на гантель (см. рис. 6). Существует критическое направление распространения звуковой волны, при котором поясок меняет свою связность. Это сопровождается резким возрастанием коэффициента поглощения звуковой волны. Качественное изменение формы пояска — тоже пример обобщенного топологического перехода. И таких примеров можно привести много. Некоторые открыты, другие ожидают своего экспериментального воплощения.

Среди предсказанных, но еще не наблюдавшихся эффектов — распространение звуковой волны конечной амплитуды в металле, подготовленном к топологическому переходу, то есть при давлениях, близких к $P_к$. В этих условиях прохождение звуковой волны через металл должно сопровождаться переходами $2\frac{1}{2}$-го рода — своеобразным нелинейным явлением, совершенно изменяющим характер распространения звука в металле.

Топологический переход — один из активных методов исследования электронного спектра металлов

Исследование топологических переходов позволяет получать уникальную информацию о структуре энергетического спектра электронов в широком интервале энергий вблизи энергии Ферми. Для сплавов и твердых растворов при сильном легировании — это единственная возможность получения подобного рода данных.

Качественные изменения энергетического спектра электронов путем деформации кристаллической решетки открывают путь к получению веществ с новыми, удивительными свойствами, не встречающимися в природе в обычных условиях.

Несмотря на то что топологические переходы были предсказаны и открыты более 15 лет назад, их разностороннее исследование только начинается. Выявились те металлы, которые оказались наиболее удобными: их удалось, не разрушая, подвергнуть существенной деформации. Другие ожидают своей очереди.

И еще одно. Теория фазового перехода строилась исходя из того очевидного факта, что металлы трехмерны. Сейчас широко изучаются низкоразмерные системы: двумерные (образованные отдельными атомными плоскостями) и одномерные (состоящие из изолированных цепочек атомов). Топологические переходы в таких системах существенно обостряются: в двумерном проводнике топологический переход является переходом 1-го рода, а в одномерном — даже половинного (!) рода. Иногда черты низкоразмерных переходов обнаруживаются и у трехмерных систем: например, у слоистых соединений графита поверхность Ферми — цилиндр, электроны движутся только вдоль слоев графита. Все электронные переходы в таких веществах должны быть переходами 1-го рода. Можно надеяться, что дальнейшее изучение электронных топологических переходов приведет к открытию новых интересных эффектов и явлений и к широкому использованию их в науке и технике.

Как уже указывалось, наиболее удобным способом изменять поверхность Ферми оказывается сжатие металла.

Экспериментально установлено, что под действием давления $T_к$ у большинства металлов при отсутствии топологических переходов уменьшается.

Ситуация качественно меняется, когда происходит топологический переход. Он приводит к немонотонной зависимости температуры перехода в сверхпроводящее состояние от давления. Такая зависимость впервые наблюдалась при исследовании влияния давления на $T_к$ у чистого таллия и таллия с примесями других элементов.

Как было сказано выше, температура сверхпроводящего перехода таллия с примесью ртути при увеличении давления сначала падает, затем возрастает, проходит через максимум и снова уменьшается (рис. 9). Дальнейшие исследования таллия с примесями индия, сурьмы и ртути и сравнение полученных данных с теорией позволили установить, что у таллия с примесями при сжатии происходит топологический фазовый переход, сопровождающийся образованием шести новых изоэнергетических поверхностей.

Аномальную зависимость $T_к$ от давления P, связанную с появлением при $P_к \approx 6{,}5$ тыс. атм новых участков поверхности Ферми, наблюдали также Г. В. Чу (G. V. Chu), Т. Ф. Смит (T. F. Smith) и В. Е. Гарднер (W. E. Gardner) у рения.

Т. Ф. Смит и Лоу (Low), а также ученые Харьковского физико-технического института кандидат физико-математических наук И. М. Волынский и доктор физико-математических наук В. И. Макаров обнаружили нерегулярности на зависимости $T_к$ от P у индия, обусловленные топологическим переходом с появлением новых участков поверхности Ферми при $P \approx 6$ тыс. атм, и у сплавов индия с кадмием — при интересном топологическом переходе, когда изолированные участки поверхности Ферми объединяются в тороидальные кольца.

При топологических переходах, когда поверхность Ферми качественно изменяется на зависимости $T_к$ от давления P появляется характерная аномалия. Ее форма определяется типом топологического перехода и может быть использована для его идентификации (рис. 18).

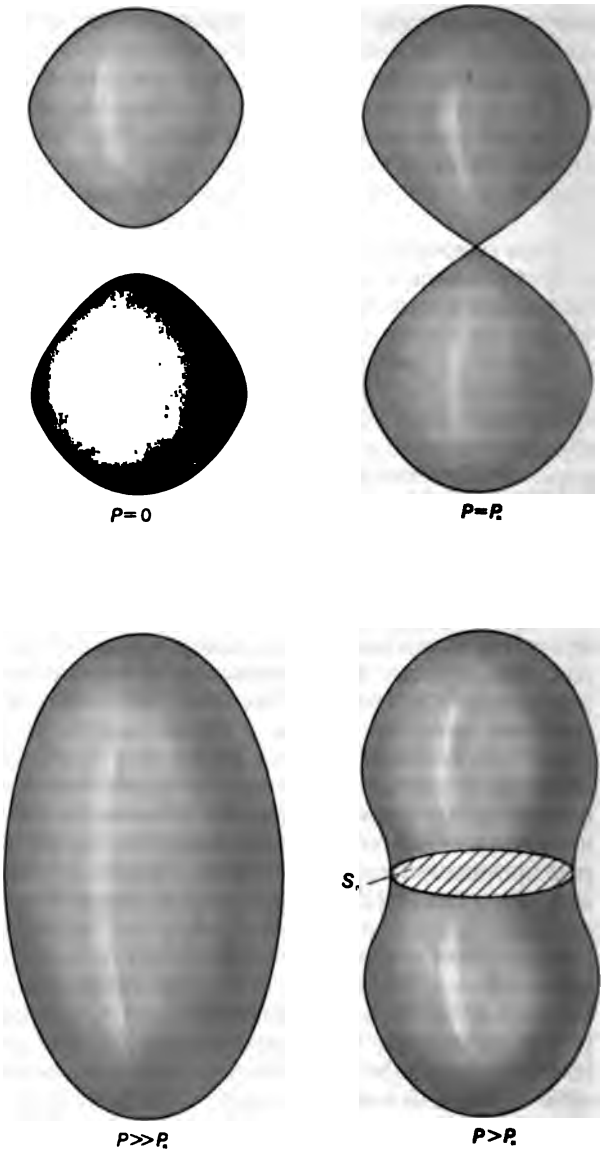
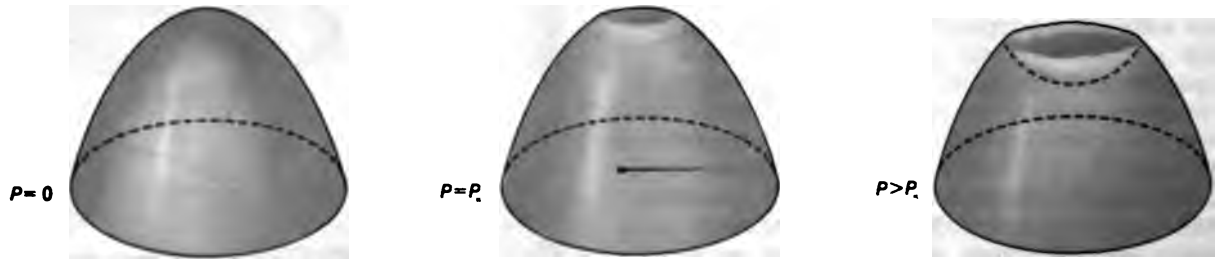


Рис. 19. Образование гантелеобразной (при $P > P_к$) и эллипсоидальной (при $P \gg P_к$) поверхностей Ферми у теллура при сжатии ($S_п$ — площадь сечения перетяжки)

Рис. 20. Возникновение «кратера» на поверхности Ферми при $P > P_к$



Обобщенные топологические переходы

Под топологическим переходом выше мы понимали такую деформацию поверхности Ферми, при которой скачком меняется ее связность. В каком-то смысле — это предельный случай. Изменения могут быть не столь «катастрофичны» и в то же время вызывать качественные изменения свойств металла. Поэтому всю совокупность явлений, связанных с качественной перестройкой поверхности Ферми и изменениями ее локальных характеристик, удобно характеризовать новым термином — обобщенный топологический переход. На рис. 19 изображена поверхность Ферми теллура, которая при давлениях, не очень сильно превышающих критическое, имеет перетяжку. Появление (исчезновение) перетяжки практически не отражается на термодинамических свойствах электронного газа в отсутствие магнитного поля. Но если магнитное поле велико и направлено вдоль главной оси, а температура достаточно низка, то осцилляционные картины (см. рис. 5) в зависимости от того, есть перетяжка или ее нет, совершенно различны. При возникновении перетяжки скачком появляется новый период, пропорциональный площади сечения перетяжки. И число поясков электронов (см. рис. 6), эффективно взаимодействующих со звуковой волной, распространяющейся вдоль оси кристалла, скачком увеличивается.

На рис. 20 показан другой вариант изменения локальных свойств поверхности Ферми в условиях сохранения ее связности. При $P = P_к$ на поверхности Ферми зарождается кратер. Анализ показывает, что это должно привести к аномалиям коэффициента поглощения звуковой волны металлом. Воздействуя на металл, можно изменить поверхность Ферми так, чтобы изменился именно тот ее участок, который «отвечает» за определенное свойство, — произойдет обобщенный топологический переход.

Но можно добиться качественного изменения наблюдаемых явлений, связанных с локальными свойствами поверхности Ферми, не изменяя самой поверхности. Наиболее наглядный пример — трансформация пояска эффективных электронов на поверхности Ферми, похожей на гантель (см. рис. 6). Существует критическое направление распространения звуковой волны, при котором поясок меняет свою связность. Это сопровождается резким возрастанием коэффициента поглощения звуковой волны. Качественное изменение формы пояска — тоже пример обобщенного топологического перехода. И таких примеров можно привести много. Некоторые открыты, другие ожидают своего экспериментального воплощения.

Среди предсказанных, но еще не наблюдавшихся эффектов — распространение звуковой волны конечной амплитуды в металле, подготовленном к топологическому переходу, то есть при давлениях, близких к $P_к$. В этих условиях прохождение звуковой волны через металл должно сопровождаться переходами $2\frac{1}{2}$-го рода — своеобразным нелинейным явлением, совершенно изменяющим характер распространения звука в металле.

Топологический переход — один из активных методов исследования электронного спектра металлов

Исследование топологических переходов позволяет получать уникальную информацию о структуре энергетического спектра электронов в широком интервале энергий вблизи энергии Ферми. Для сплавов и твердых растворов при сильном легировании — это единственная возможность получения подобного рода данных.

Качественные изменения энергетического спектра электронов путем деформации кристаллической решетки открывают путь к получению веществ с новыми, удивительными свойствами, не встречающимися в природе в обычных условиях.

Несмотря на то что топологические переходы были предсказаны и открыты более 15 лет назад, их разностороннее исследование только начинается. Выявились те металлы, которые оказались наиболее удобными: их удалось, не разрушая, подвергнуть существенной деформации. Другие ожидают своей очереди.

И еще одно. Теория фазового перехода строилась исходя из того очевидного факта, что металлы трехмерны. Сейчас широко изучаются низкоразмерные системы: двумерные (образованные отдельными атомными плоскостями) и одномерные (состоящие из изолированных цепочек атомов). Топологические переходы в таких системах существенно обостряются: в двумерном проводнике топологический переход является переходом 1-го рода, а в одномерном — даже половинного (!) рода. Иногда черты низкоразмерных переходов обнаруживаются и у трехмерных систем: например, у слоистых соединений графита поверхность Ферми — цилиндр, электроны движутся только вдоль слоев графита. Все электронные переходы в таких веществах должны быть переходами 1-го рода. Можно надеяться, что дальнейшее изучение электронных топологических переходов приведет к открытию новых интересных эффектов и явлений и к широкому использованию их в науке и технике.

Николай Васильевич КАРЛОВ (р. 1929) — физик, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором Института общей физики АН СССР.

В 1952 окончил физический факультет Московского государственного университета и поступил в аспирантуру Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. В 1956 защитил кандидатскую диссертацию и остался работать в лаборатории колебаний ФИАН сначала в должности младшего, а с 1961 — старшего научного сотрудника. В 1966 защитил докторскую диссертацию, с 1970 — заведующий сектором. Выполнил работы по чувствительности радиоастрономических приемников, квантовым усилителям СВЧ, инфракрасным лазерам, резонансным взаимодействиям лазерного излучения с веществом. Соавтор монографий «Квантовые усилители» (совместно с А. А. Маненковым) и «Лазерное разделение изотопов» (совместно с С. С. Алимпиевым, Б. Б. Крынецким и Ю. Н. Петровым).

В 1976 за участие в разработке высокочувствительных квантовых усилителей Н. В. Карлов был удостоен Государственной премии СССР.

Александр Михайлович ПРОХОРОВ (р. 1916) — физик, академик, академик-секретарь Отделения общей физики и астрономии АН СССР, директор Института общей физики АН СССР, главный редактор Большой Советской Энциклопедии, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской, Государственной и Нобелевской премий.

В 1939 окончил физический факультет Ленинградского государственного университета и поступил в аспирантуру Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. С 1941 по 1944 находился в рядах действующей армии. В 1944 продолжил занятия в аспирантуре ФИАН, в 1946 защитил кандидатскую диссертацию и был оставлен в Физическом институте в должности старшего научного сотрудника.

В 1951 защитил докторскую диссертацию, звание профессора получил в 1959. С 1954 — заведующий лабораторией колебаний ФИАН, с 1970 по 1982 — заместитель директора, руководитель Отделения ФИАН.

А. М. Прохоров — один из основоположников квантовой электроники. В 1959 ему (совместно с Н. Г. Басовым) присуждена Ленинская премия за разработку нового принципа усиления и генерации электромагнитных колебаний, в 1964 (совместно с Н. Г. Басовым и Ч. Таунсом) — Нобелевская премия по физике за основополагающие работы по квантовой электронике, которые привели к созданию мазеров и лазеров.

Научные интересы А. М. Прохорова лежат в настоящее время в областях квантовой электроники, исследований физики твердого тела, взаимодействия излучения с веществом, спектроскопии. В 1980 совместно с группой сотрудников А. М. Прохоров удостоен Государственной премии СССР за цикл исследований по спектроскопии субмиллиметрового диапазона длин волн.

А. М. Прохоров награжден многими орденами СССР и других социалистических стран. Он почетный доктор и профессор университетов многих стран, иностранный член Американской академии искусств и наук в Бостоне, академий наук ВНР, ГДР, НРБ.

Николай Васильевич КАРЛОВ,
Александр Михайлович ПРОХОРОВ

Квантовая электроника и молекулы

История квантовой электроники насчитывает немногим менее 30 лет. Как хорошо известно, начало этой науке было положено радиоспектроскопическими исследованиями молекул. И именно радиоспектроскопические исследования привели к созданию первого прибора квантовой электроники — молекулярного генератора, или мазера на пучке молекул аммиака. Логическим результатом дальнейшего развития квантовой электроники стало появление лазеров — неизвестных до того в оптике генераторов и усилителей монохроматического излучения. Лазеры возникли тогда, когда идеи и методы квантовой электроники радиодиапазона были перенесены в оптику*.

Позволяя предельно концентрировать оптическое излучение в пространстве, во времени и в спектральном интервале, лазеры открыли принципиально новые возможности для изучения и использования взаимодействия света с веществом в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Эти работы охватывают чрезвычайно широкий круг научных и технических проблем исключительной важности**.

Полезный эффект многих из лазерных применений определяется прежде всего концентрацией энергии в месте взаимодействия в заданный, как правило, очень короткий отрезок времени. Число возможных применений такого силового воздействия очень велико. Главное непосредственно используемое при этом свойство лазерного излучения — его высокая пространственная когерентность и, следовательно, высокая направленность.

Кроме того, лазерное излучение обладает монохроматичностью, вследствие чего оно оказывает сильное резонансное воздействие на вещество, и высокой спектральной яркостью, в силу которой процессы его взаимодействия с веществом могут протекать избирательно. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность лазерного разделения изотопов, лазерной очистки веществ, лазерной фотохимии, лазерной фотобиологии. Отметим, что наиболее убедительные результаты в этом направлении получены при лазерном разделении изотопов*.

Эффекты резонансного взаимодействия интенсивного лазерного излучения с веществом перспективны для практического применения и интересны для фундаментального исследования. По существу, при этом полностью и непосредственно используется вся совокупность свойств лазерного излучения. Именно резонансные взаимодействия связывают между собой лазеры и молекулы. Эта связь носит двусторонний характер. С одной стороны, молекулы важны для квантовой электроники как средство получения лазерного излучения. С другой — квантовая электроника важна для молекулярной физики как метод мощного воздействия на молекулы и молекулярные системы.

В этой статье мы не можем достаточно полно охватить обе эти области, поэтому ограничимся рассказом о некоторых результатах и перспективах применения лазеров в молекулярных исследованиях.

Со времен Фраунгофера и Бунзена наиболее надежный способ идентификации и обнаружения даже малых, как говорят, следовых количеств какого-то вещества — спектроскопическое исследование. Спектры атомов и молекул несут информацию о составе, структуре и состоянии исследуемого вещества. Положение, ширина спектральных линий определяются массами и зарядами элементарных частиц, входящих в состав

---

* Принципы, лежащие в основе квантовой электроники, история ее возникновения и становления изложены в статье авторов «Квантовая электроника» («Наука и человечество. 1968»). — *Ред.*

** Лазерам и научно-техническому прогрессу посвящена статья авторов, опубликованная в четвертом выпуске ежегодника «Будущее науки» (1971 г.). — *Ред.*

* Лазерному разделению изотопов посвящена статья авторов, опубликованная в десятом выпуске ежегодника «Будущее науки» (1977 г.). — *Ред.*

атомов или молекул, взаимным расположением элементарных частиц, силами электрического и магнитного взаимодействий между ними, а также взаимодействием с окружающими частицами. Поэтому исследование спектров испускания и поглощения дает однозначную информацию о веществе.

В прошлом основное внимание уделялось спектрам испускания, причем главным образом спектрам испускания атомов. Эти спектры легко наблюдаются в излучении достаточно разогретых атомных паров, получаемых, например, в пламени горелки, и относительно легко расшифровываются.

Для исследования спектров поглощения необходимы источники излучения, желательно, с хорошо известным собственным спектром. До появления лазеров использовалось излучение источников со сплошным спектром, таких, как солнечный свет, свечение сильно нагретых тел, дуговых разрядов и т. п. В видимой области спектральная интенсивность этих источников достаточно велика. Именно в эту область попадают линии резонансного поглощения многих атомов. Но свободные атомы существуют при высоких температурах. При обычной температуре атомарны только благородные газы гелий, неон, аргон и т. д. В основном же газы состоят из молекул. Тем не менее газовая фаза привлекательна тем, что взаимодействия входящих в нее частиц малы. Следовательно, спектральные линии практически не осложнены внешними воздействиями, относительно узки и сравнительно легко интерпретируются.

Спектральные линии атомов и молекул соответствуют переходам между теми или иными их собственными энергетическими состояниями. Этим состоянием отвечают какие-то вполне определенные внутренние движения атома или молекулы. В видимой и ультрафиолетовой областях спектра проявляются электронные движения. Так как в атоме возможны только движения электронов, атомы дают только электронные спектры. По сравнению с атомами в молекулах появляются дополнительные внутренние движения (дополнительные степени свободы), связанные с колебаниями атомов по отношению друг к другу и с вращением молекулы как целого. Атомные ядра много тяжелее электронов, поэтому колебательные движения в молекуле много медленнее электронных движений в атоме. В результате колебательные спектры молекул попадают в инфракрасный диапазон, им соответствуют длины волн от одного до 100 мкм. Вращательные движения еще медленнее, соответствующие спектры попадают, как правило, в субмиллиметровый или СВЧ радиодиапазоны.

При прочих равных условиях интенсивность спектральных линий в инфракрасном диапазоне сильно ослаблена. Поэтому колебательные спектры испускания молекул, находящихся в термодинамическом равновесии, в земных условиях практически не наблюдаемы. Остается наблюдать спектры поглощения, но для этого нужны внешние источники излучения. Лучшими среди них были опять-таки сильно нагретые тела, дающие, как уже говорилось, сплошной спектр. Их основной недостаток — малая интенсивность излучения, резко падающая по мере увеличения длины волны. Конечно, технический прогресс привел к тому, что традиционная инфракрасная спектроскопия достигла высокого уровня развития, но чувствительность и быстродействие соответствующих методов анализа оставались все же далекими от желаемых.

Так было до тех пор, пока не возникла радиоспектроскопия, изучающая спектры молекул, главным образом вращательные, принадлежащие к СВЧ-диапазону. Бурное ее развитие, обусловленное достижениями техники сантиметровых волн, началось около сорока лет назад. Принципиальное отличие радиоспеткроскопии состоит в том, что в ней применяются монохроматические перестраиваемые источники излучения. Это приводит к существенно иной постановке эксперимента и обеспечивает гораздо более высокую чувствительность, разрешающую способность, точ-

СТО ЛЕТ НАЗАД

Английский электротехник С. де-Ферранти создал кабель концентрической конструкции: из двух друг от друга изолированных трубчатых проводников. Такой кабель был применен для линии электропередачи напряжением 10 тыс. вольт.

Английский физик Дж. Гопкинсон ставит классические опыты, позволившие установить условия, которые обеспечивают синхронную работу двух генераторов переменного тока.

Немецкий физик А. Кундт предложил удобный способ, позволяющий наблюдать распределение электрических зарядов одновременно на всей поверхности кристалла.

Немецкий физик, математик, физиолог и психолог Г. Гельмгольц впервые доказал применимость принципа наименьшего действия к тепловым, электромагнитным и оптическим явлениям, вскрыл связь этого принципа со вторым началом термодинамики.

Английский инженер и предприниматель Ч. Парсонс изобрел многоступенчатую реактивную паровую турбину, которая сыграла огромную роль в развитии энергетики. Он впервые использовал паровую турбину для непосредственного вращения электрогенератора с целью производства электрической энергии.

Немецкий математик и инженер И. Баушингер предложил ввести единые международные способы испытания важнейших материалов, применяемых в строительстве и машиностроении. По его инициативе в Мюнхене собирается первая конференция по установлению таких единых методов испытания.

ность, позволяет осуществлять дистанционный, бесконтактный анализ газовых масс. В качестве примера укажем, что сочетание радиоспектроскопических и радиоастрономических методов позволило обнаружить в межзвездном пространстве газовые облака, состоящие из таких молекул, как формальдегид, синильная и муравьиная кислоты и т. п. В последние годы активно работает в этом направлении один из основоположников квантовой электроники Ч. Таунс (Беркли, США).

Новые возможности оптической и инфракрасной спектроскопии дали перестраиваемые лазеры.

Не будем говорить о видимой области спектра; там широко используются перестраиваемые лазеры на растворах органических красителей, обратимся к инфракрасному диапазону, где наиболее отчетливо проявляются молекулярные колебания. Здесь могут применяться лазеры на центрах окраски (F-центрах) в диэлектрических кристаллах и полупроводниковые диодные лазеры.

В лазерах на центрах окраски активная среда — это комплексы точечных дефектов типа анионной вакансии в диэлектрических ионных кристаллах, таких, как щелочно-галлоидные кристаллы фторида лития, хлорида натрия (поваренная соль), хлорида калия и т. п. Такие дефекты (отсутствие отрицательного иона галогена в соответствующем узле кристаллической решетки) окрашивают кристаллы. Сильное взаимодействие дефектов (или их агрегаций, охватывающих несколько соседних узлов кристаллической решетки) с внутрикристаллическим полем ближайшего окружения вызывает заметное уширение линий их люминесценции. Это, в свою очередь, позволяет осуществлять перестраиваемую по частоте излучения лазерную генерацию. Однако лазеры на центрах окраски к настоящему времени уверенно работают лишь в области ближнего ИК-излучения. Разработка лазеров этого типа началась сравнительно недавно в отличие от полупроводниковых лазеров, которые уже нашли применение в лазерной спектроскопии ИК-диапазона.

В полупроводниковых лазерах длина волны генерации определяется свойствами непосредственно полупроводникового кристалла. При пропускании тока через полупроводниковый диод происходит рекомбинация носителей тока противоположного знака, она сопровождается излучением, которое при определенных условиях в полном соответствии с общими положениями квантовой электроники переходит в лазерную генерацию. Энергия кванта излучения равна ширине запрещенной зоны полупроводника. При ее изменении меняется и длина волны генерируемого излучения. Это дает возможность выбором типа кристалла определить диапазон работы лазера и плавно перестраивать длину волны его излучения, воздействуя на кристалл. Всестороннее сжатие полупроводника сильно меняет ширину его запрещенной зоны. Давление, достигающее 10 тыс. атм, перестраивает длину волны излучения почти вдвое. Более тонкая перестройка достигается изменением температуры полупроводникового кристалла, причем желаемые изменения температуры осуществляет электрический ток, пропускаемый через полупроводниковый диод для возбуждения генерации. Так, изменение тока накачки втрое, например от 0,6 А до 1,8 А, вызывает в ИК-области перестройку на 3%.

В среднем и дальнем ИК-диапазоне могут работать только достаточно узкозонные полупроводники. Этому требованию отвечают сплавы свинец — селен — теллур, свинец — сера — селен, кадмий — ртуть — теллур и им подобные, причем соотношение между компонентами сплава определяет исходную рабочую точку в интересующем нас спектральном диапазоне.

Полупроводниковые диодные лазеры ИК-диапазона оказались мощным средством спектроскопического исследования. Они позволили реализовать в ИК-диапазоне все принципиальные преимущества монохроматической спектроскопии, разработанные в СВЧ-диапазоне методами радиоспектроскопии.

Остановимся на одном примере, имеющем в настоящее время исключительно важное значение. Речь идет о лазерных методах контроля загрязнения атмосферы. Для обнаружения, идентификации и измерения малых концентраций газовых загрязнений атмосферы особенно перспективными оказались разработанные в нашем Институте лазерные дистанционные спектрометры на основе полупроводниковых диодных лазеров упомянутого выше типа, и прежде всего потому, что они работают в диапазоне длин волн $3 \div 30$ мкм, в котором расположены характерные колебательно-вращательные спектры поглощения большинства известных молекул. Сочетание высокой монохроматичности излучения таких лазеров с плавной перестройкой длины волны излучения в широких пределах позволяет легко различать газовые примеси и уверенно их идентифицировать. Используя дифракционную расходимость излучения, можно формировать из него почти параллельные пучки и проводить дистанционные измерения на весьма протяженных трассах длиной до нескольких километров. Высокая по сравнению с тепловыми источниками спектральная яркость лазерного излучателя обеспечивает исключительную чувствительность метода. Так, при измерении концентрации примеси угарного газа CO в атмосферном воздухе по линии поглощения в окрестности длины волны 4,7 мкм на трассах протяженностью в несколько сотен метров легко достигается такая чувствительность, которая позволяет обнаружить одну молекулу примеси, при-

Рис. 1. Блок-схема лазерного трассового измерителя концентрации. Излучение полупроводникового лазера 1 коллимируется линзой 2 в луч 3, распространяющийся по протяженной трассе 4 (дистанция 5—10 км) до уголкового отражателя 5, возвращающего лазерный луч точно назад по пройденной перед этим трассе. Полупрозрачное зеркало 6 и фокусирующая линза 7 направляют прошедшее исследуемую трассу излучение на фотоприемник 8. Периодическое изменение длины волны излучения лазера 1 в окрестности линии поглощения искомой примеси приводит к появлению электрического сигнала на выходе фотоприемника 8. Величина сигнала пропорциональна числу молекул примеси на трассе. Разработка кандидатов физико-математических наук Ю. В. Косичкина и А. И. Надеждинского с сотрудниками (ИОФАН) на базе лазерных диодов, созданных доктором физико-математических наук А. П. Шотовым с сотрудниками (ФИАН)

ходящуюся на 10^8 молекул воздуха. На рис. 1 показана блок-схема трассового измерителя концентрации. С его помощью можно проводить измерения не только в лабораторных, но и в заводских, городских и полевых условиях.

На рис. 2 представлены результаты, полученные нашей экспедицией в Народной Республике Болгарии совместно с болгарскими коллегами при измерении концентрации угарного газа в центре Софии, на ее окраине и на горе Витоша. Этот пример, как нам кажется, наглядно демонстрирует возможности лазерной спектроскопии ИК-диапазона.

Итак, перестраиваемые лазеры ИК-диапазона оказались исключительно ценным инструментом. Но колебания молекул проявляются не только в спектрах поглощения.

В 1928 г. при исследовании рассеяния света в кристаллах (Г. С. Ландсберг и Л. И. Мандельштам) и в жидкостях (Ч. В. Раман) было открыто явление комбинационного рассеяния света. Суть его состоит в том, что внутренние движения частиц рассеивающейся среды сказываются на спектральном составе рассеянного света. Колебательные движения молекул, всегда существующие при температурах, отличных от абсолютного нуля, периодически меняют условия распространения света через среду и тем самым модулируют его. Модуляция происходит на частоте колебаний молекул. Как хорошо известно из теории колебаний, наличие периодической модуляции какого-то процесса эквивалентно присутствию в спектре этого процесса составляющих, сдвинутых от центральной частоты на частоту модуляции. Колебания молекул накладывают свой отпечаток на проходящий свет. Исследования спектров комбинационного рассеяния света проводились в видимой области, где существуют относительно интенсивные источники света и спектральные приборы высокого разрешения. Но интенсивность эффекта комбинационного рассеяния мала, и для снятия спектров во многих случаях приходилось прибегать к многочасовым

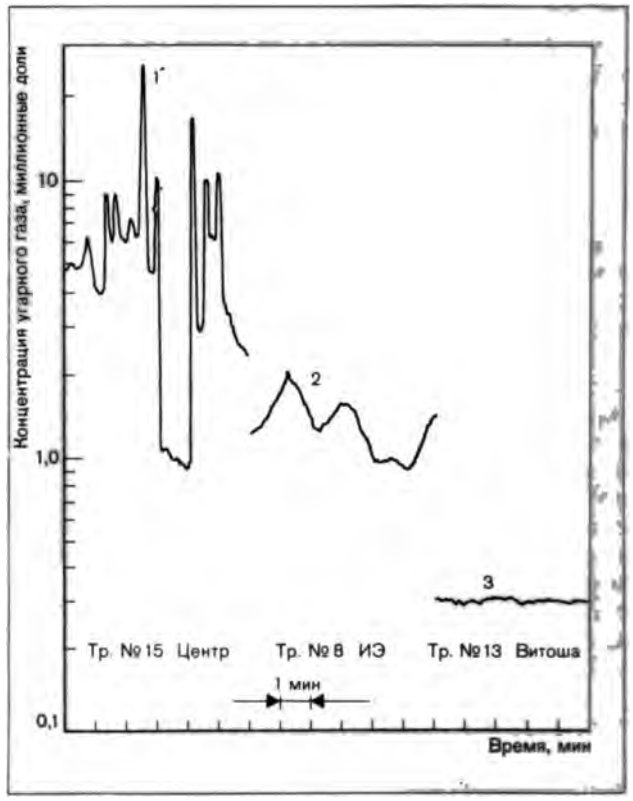


Рис. 2. Фрагменты изменения концентрации окиси углерода CO (угарный газ) во времени в центре Софии (1), на окраине города (2) и на горе Витоша около Софии (3). Видны как стабильный и низкий уровень загрязненности атмосферы угарным газом в зеленой зоне национального парка, так и существенно, практически в 100 раз, более высокий и резко меняющийся во времени (движение автотранспорта) уровень загазованности центра города. Результаты ИОФАН и Института электроники Болгарской Академии наук

экспозициям, а в случае исследования газов — даже к недельным экспозициям. Ситуация существенно изменилась с появлением лазеров.

В течение всей своей многовековой истории оптика оставалась линейной. Это означает, что

распространяющийся в материальной среде свет не менял ее свойства. Вещество, через которое проходил свет, воздействовало на свет. Но не было необходимости принимать во внимание возможность обратного воздействия. Уравнения, описывающие распространение света в веществе, были линейными, и этого было достаточно для описания наблюдавшихся явлений.

Высокая монохроматичность и направленность лазерного излучения приводят к столь высокой концентрации световой энергии, что электрическое поле световой волны приближается к собственным внутренним электрическим полям вещества. Оптические константы среды начинают зависеть от интенсивности распространяющейся в ней световой волны. Заметно изменяется объект воздействия. Соответствующие уравнения становятся нелинейными, и мы приходим к нелинейной оптике.

С. И. Вавилов задолго до появления лазеров высказал и обосновал мысль о возможном уменьшении поглощения при увеличении интенсивности облучения и ввел термин «нелинейная оптика». Этот термин получил широкое распространение после возникновения лазеров, обусловивших бурное развитие этой новой области физики.

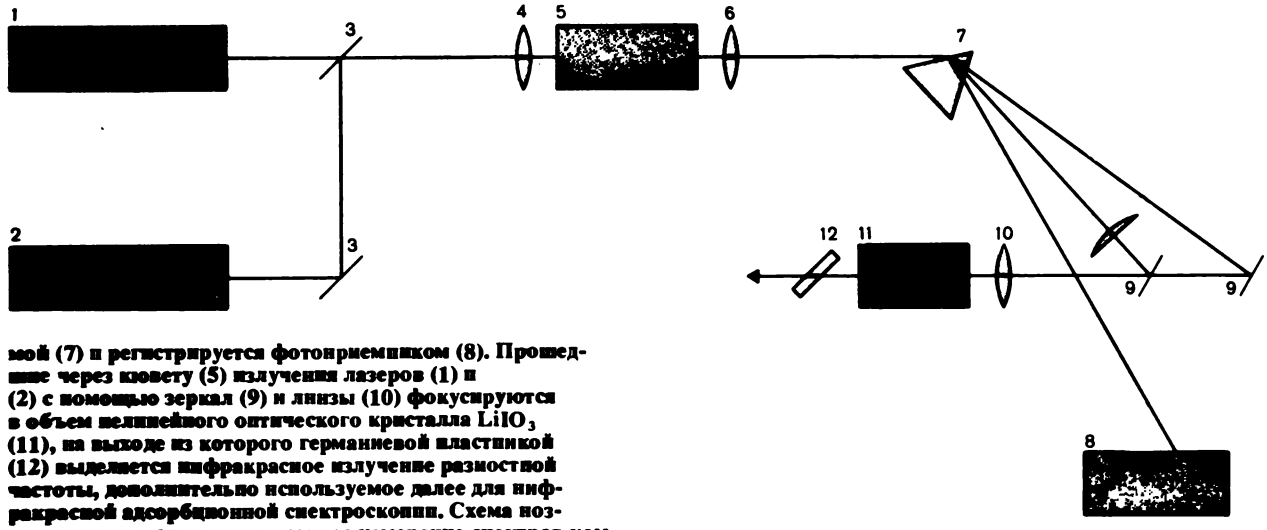
Вернемся к комбинационному рассеянию света. Обычно наблюдается рассеяние на колебаниях молекул.

Рис. 3. Схема КАРС-спектрометра Института общей физики АН СССР. Излучения лазеров с фиксированной (1) и перестраиваемой (2) длинами волн складываются в один луч с помощью зеркал (3) и совместно фокусируются линзой (4) в кювету (5) с исследуемым газом. Линза (6) восстанавливает первоначальную геометрию светового луча, содержащего теперь антистоксову спектральную компоненту. Сигнал КАРС выделяется призмой (7) и регистрируется фотоприемником (8). Прошедшие через кювету (5) излучения лазеров (1) и (2) с помощью зеркал (9) и линзы (10) фокусируются в объем нелинейного оптического кристалла $LiIO_3$ (11), на выходе из которого германиевой пластинкой (12) выделяется инфракрасное излучение разностной частоты, дополнительно используемое далее для инфракрасной адсорбционной спектроскопии. Схема позволяет проводить одновременное измерение спектров комбинационного рассеяния и инфракрасного поглощения при одной и той же шкале длин волн. Разработка кандидатов физико-математических наук Д. Н. Козлова и В. В. Смирнова (ИОФАН)

Рис. 4. (с. 194—195) Общий вид КАРС-спектрометра, схема которого представлена на рис. 3: *а)* лучи лазерного света разного цвета — основа КАРС-спектроскопии, *б)* перестраиваемый лазер — сердце спектрометра — в работе, *в)* зеленый свет рождает красный свет в лазере на красителе, *г)* интенсивный зеленый луч взаимодействует с веществом

Пусть через исследуемую среду пропускается лазерное излучение на двух длинах волн одновременно (пучки лазерного света разного цвета). Пусть также разность частот этих двух монохроматических пучков точно равна частоте собственных колебаний молекул среды. Тогда при достаточной интенсивности излучений происходит эффективная резонансная раскачка молекулярных колебаний. В этой области пространства, где два пучка когерентного излучения одновременно взаимодействуют с материальной средой, устанавливается когерентное возбуждение молекул. Во всем этом объеме (объеме взаимодействия) происходят синхронные колебания, охватывающие одновременно многие молекулы. Следовательно, интенсивность рассеяния света резко возрастает. Иными словами, в этих условиях эффект модуляции света накапливается по мере его распространения в среде.

При модуляции монохроматического колебания появляются компоненты на частотах меньшей (стоксова компонента) и большей (антистоксова компонента) частоты модулируемого колебания. Сдвиг частоты колебаний, как уже было сказано, равен частоте модуляции. Следовательно, та часть объема материальной среды, в которой устанавливаются синхронные периодические изменения ее оптических свойств, эффективно преобразует исходное лазерное излучение в излучение, сдвинутое по частоте в стоксову и антистоксову сторону.



6

2

Наибольший интерес представляет антистоксово (более коротковолновое) излучение, позволяющее изучать возбужденные состояния молекул, процессы, идущие при высоких температурах, исследовать светящиеся среды, плазму и т. д. Эффект излучения света с длиной волны, сдвинутой в более коротковолновую сторону, при рассеянии двух лазерных пучков на когерентно возбуждаемых в некотором объеме колебаниях молекул получил наименование когерентного антистоксового рассеяния света (КАРС).

Сохраняя фиксированной частоту одного из излучений и перестраивая частоту другого так, чтобы разность частот плавно и контролируемо изменялась в окрестности интересующей нас спектральной линии, мы получаем возможность изучать ее по спектральной зависимости величины эффекта КАРС.

Остается добавить, что КАРС — эффект нелинейный. Поэтому в КАРС-спектрометрах должны использоваться лазеры, излучение которых весьма монохроматично, пространственно когерентно, интенсивно и характеризуется высокой спектральной яркостью. Для КАРС-спектроскопии высокого разрешения наилучшим образом подходят узкополосные лазеры непрерывного действия. На рис. 3 приведена схема разработанного в нашем Институте КАРС-спектрометра на основе неодимого лазера с удвоением частоты и лазера на красителе. На рис. 4 приведен общий вид спектрометра.

Остановимся на применении КАРС для исследования неравновесных состояний газа, характерных для сверхзвуковых потоков, ударных волн в газах, газовых разрядов, для газовых химических реакторов и т. д. Как правило, изучение таких состояний затруднено фоновым свечением всего исследуемого объема, но наблюдения на более короткой волне (антистоксова компонента рассеяния) и в малом телесном угле (направленность когерентного излучения) позволяют обойти эти трудности. Только метод КАРС выясняет распределение молекул азота по колебательным и вращательным уровням энергии в плазме тлеющего разряда. От этого распределения существенно зависит эффективность работы CO_2-лазеров. Аналогично для лазерного разделения изотопов важна информация о характере перераспределения энергии колебательного возбуждения по степеням свободы молекул гексафторида серы или урана при резонансном лазерном возбуждении этих молекул.

Привлекательно применение КАРС для локального исследования газа. Нелинейная зависимость величины сигнала КАРС от интенсивности накачки приводит к тому, что при сильной фокусировке накачки большая часть рассеянного излучения генерируется фокальной областью малых размеров. Это позволяет проводить диагностику, например, газовых потоков с высоким пространственным разрешением. На рис. 5 приведена схема и результаты проведенных у нас измерений локальных значений температуры и плотности в сверхзвуковом потоке азота.

До сих пор мы обсуждали спектроскопические применения лазеров, целью которых было получение информации о свойствах молекул или характере протекания процессов с их участием. При этом предполагалось, что лазерный луч — тонкий и чувствительный зонд, не разрушающий и не слишком сильно возмущающий исследуемую среду. По существу, выше были представлены примеры пассивной лазерной спектроскопии. Однако в силу высокой концентрации энергии излучения лазеры дают возможность активного воздействия на вещество, приводящего к перестройке объекта, разрыву внутренних и созданию новых связей на молекулярном уровне, синтезу новых соединений, выделению избранных компонентов и т. п. Изучение и использование спектральных особенностей этих процессов составляют предмет активной лазерной спектроскопии, конечно, далеко выходящей за рамки классически понимаемой спектроскопии.

Эти исследования охватывают чрезвычайно широкий круг научных и технических проблем. Среди них особое место занимают резонансные взаимодействия, в которых непосредственно используется монохроматичность интенсивных потоков лазерного света. Дело в том, что уникальные свойства лазерной энергии в полной мере проявляются только при резонансных взаимодействиях, причем не сводящихся к равновесному нагреву вещества излучением. Именно в этих

СТО ЛЕТ НАЗАД

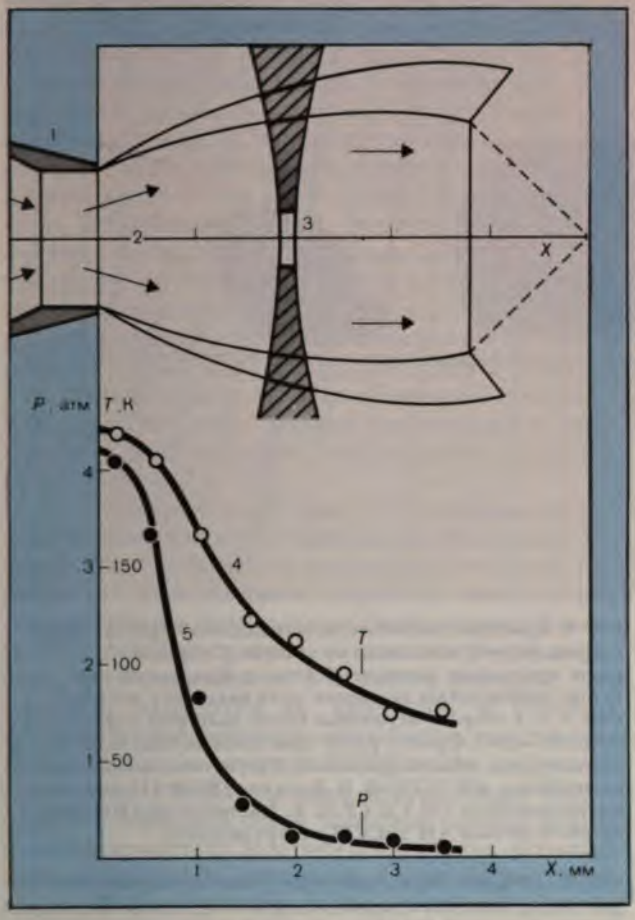
БЕЛЬГИЯ. *Общие провода для телефонов и телеграфа. Известный электротехник Рюссельберг получил патент на устройство, при котором возможно одним проводом пользоваться как для телеграфного, так и для телефонного сообщения. При этом телефонная и телеграфная станции остаются друг от друга независимыми.*

«Инженер»

БРАЗИЛИЯ. *В одной из местных газет пишут, что телефонные проволоки встретили в последнее время весьма опасного и почти непобедимого врага, о котором-едва ли кто и подумал при установлении проволок. Этот враг — коршуны-стервятники, которые обыкновенно летают весьма низко над крышами домов и вследствие этого наталкиваются на телефонные проволоки, запутываются в них, приводят различные проволоки в соприкосновение между собою, последствием которого бывает невообразимая путаница в сношениях между абонентами телефона. Дирекция должна постоянно содержать массу рабочих для распутывания проволок. Закон запрещает убивать коршунов-стервятников, и потому они постоянно размножаются. Что же остается делать? Газета не видит другого средства избежать зла, как приучить коршунов летать выше.*

«Техник»

Рис. 5. Схема и результаты измерений локальных значений температуры и плотности газа в сверхзвуковом потоке азота. Сопло 1 формирует поток 2. Лазерные лучи двух длин волн, отличающихся друг от друга на величину, соответствующую частоте колебаний молекулы азота, сфокусированы в малую область 3. В этой области наблюдается эффект когерентного антистоксова рассеяния света, позволяющий по форме и интенсивности спектральных линий колебаний молекул локально измерять температуру и плотность газа. Фокусируя лазерные лучи в различные области, можно провести бесконтактное измерение пространственного распределения плотности и температуры молекулярного газа в сверхзвуковом потоке. Традиционные контактные методы измерения температуры и давления газов в силу заметного возмущения газовой среды неприменимы для исследования сверхзвуковых потоков. Вместе с тем знание распределения температуры и плотности очень важно при конструировании тепловых машин, рабочим телом которых являются сверхзвуковые потоки газа. В нижней части рисунка приведен пример распределения температуры 4 и давления 5 азота вдоль оси потока при сверхзвуковом истечении газа из сопла 1. Результаты доктора физико-математических наук П. П. Пашинина и кандидата физико-математических наук В. В. Смирнова с сотрудниками (ИОФАН)



условиях можно осуществлять селективные фотопроцессы.

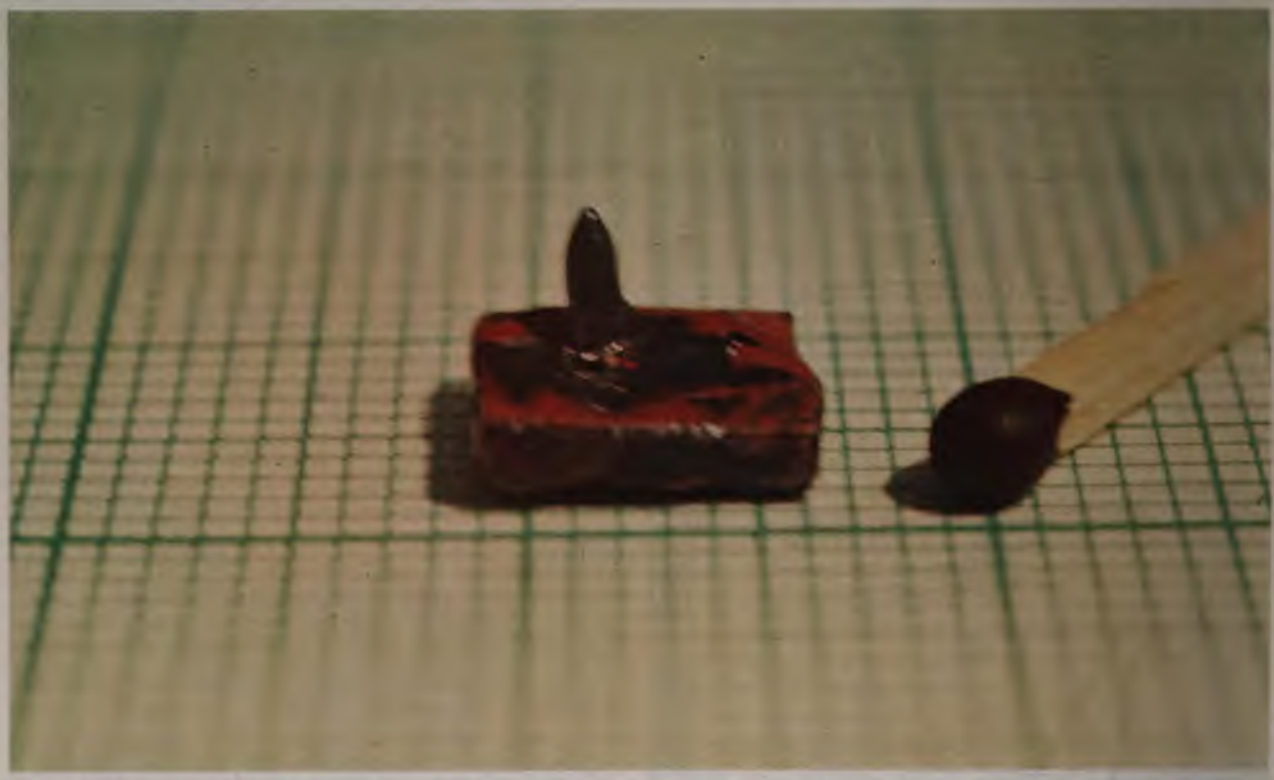
Конечные продукты селективного процесса, в отличие от неселективного процесса той же физической природы и при тех же исходных веществах, должны быть обогащены желаемыми, заранее намеченными составляющими. Очевидно, что резонансное воздействие лазерного излучения на вещество, т. е. воздействие, при котором возбуждаются только определенные частицы вещества при поглощении энергии излучения только в области узкой спектральной линии этих частиц (желательно возможно более узкой), дает возможность проводить селективные фотопроцессы.

Надо отметить, что резонансное возбуждение заметной доли частиц облучаемого вещества выводит всю систему из равновесия. Однако всегда существуют процессы, возвращающие систему частиц в равновесное состояние. Это так называемые релаксационные процессы и процессы миграции энергии возбуждения, приводящие в конечном счете к нагреву вещества. Очевидно, что все они препятствуют селективному действию излучения. Поэтому определить условия, при которых сохраняется селективность резонансного воздействия лазерного излучения, и найти методы их выполнения — главные задачи этих исследований.

Селективные фотопроцессы осуществляются в два этапа. Первый — это резонансное возбуждение определенных частиц. Очевидно, что этот этап должен быть всегда радиационным. Второй этап — силовое воздействие, в результате которого происходят необратимые изменения физических свойств возбужденных частиц. Второй этап может быть нерезонансным и даже нерадиационным. Возможный пример нерадиационного процесса — химические реакции селективно возбужденных атомов или молекул, т. е. химическая фиксация селективного возбуждения.

Напомним, что результаты резонансного взаимодействия лазерного излучения с веществом существенно зависят от степени сохранения селективности собственно лазерного воздействия вплоть до конечного продукта. В случае многоатомных молекул возможно проведение селективных химических реакций. Если энергия лазерного излучения преимущественно сконцентрирована в колебаниях вдоль направления заранее выбранной внутримолекулярной связи, то можно ожидать, что эта связь будет разрушена или перестроена. Такая концентрация колебательной энергии должна увеличить химическую активность молекулы по этой связи.

Однако, как правило, энергия активации химических реакций намного превышает энергию одного кванта колебательного возбуждения. Поэтому для эффективного вступления в реакцию молекула должна поглотить энергию



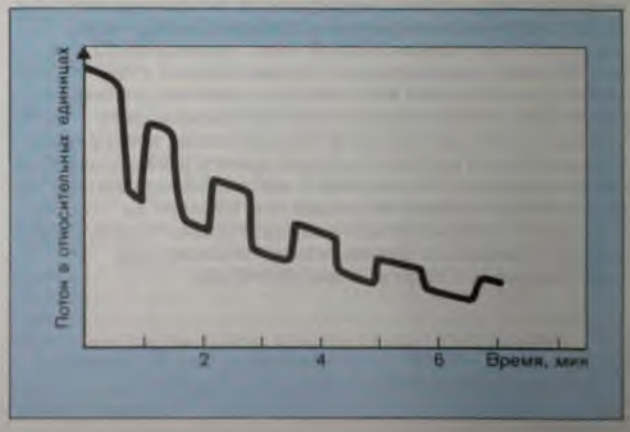
многих квантов. Но пока это происходит, энергия возбуждения стремится распределиться между всеми или почти всеми связями, существующими в молекуле. Хотя в принципе возможна колебательная лазерная фотохимия, но надежных экспериментальных доказательств столь высокой селективности в подобных процессах пока нет.

Несколько меньшей селективности требуют процессы, избирательные по веществу, т. е. процессы, при которых в тех или иных смесях один из компонентов преобразуется в выделяемый продукт, а остальные не затрагиваются. Это процессы лазерного разделения изотопов, лазерной очистки вещества, лазерного выделения биологически активных соединений, лазерного обнаружения одного атома или молекулы искомого вещества в смеси многих веществ и т. п. В настоящее время процессы этого уровня селективности надежно реализуются*.

Селективность по веществу теряется, когда релаксационные процессы того или иного вида распределяют энергию лазерного возбуждения среди всех компонентов облучаемой смеси. В такой ситуации реализуется лазерный резонансный нагрев, приводящий к пиролизу (разложению вещества под действием высокой температуры) или к инициированию (стимулированию) реакций, не являющихся лазерными фотохимически-

Рис. 6. Кристалл закиси меди, выращенный при лазерном нагреве медной пластинки на воздухе. Скорость роста кристаллов достигает 0,3 мм/с. Кристаллы растут по направлению лазерного луча навстречу излучению, т. е. в сторону источника тепла. Быстрый перенос жидкой меди к фронту роста кристалла осуществляется по капиллярам в объеме кристалла. Результаты члена-корреспондента АН СССР Ф. В. Бункина (ИОФАН) и члена-корреспондента АН УзССР П. К. Хабибулаева (Институт ядерной физики АН УзССР) с сотрудниками

Рис. 7. Лазерное управление пропусканием пористой перегородки для молекул, резонансных излучению. По вертикальной оси отложена величина потока проходящих через перегородку молекул, по горизонтальной — время. Резонансное лазерное излучение уменьшает проницаемость преграды, резко ослабляя поток молекул через нее. Результаты доктора физико-математических наук Н. В. Карлова и кандидата физико-математических наук Ю. П. Петрова (ИОФАН)



* Лазерной атомно-молекулярной технологии посвящена статья Е. П. Велихова и В. С. Летохова, опубликованная в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

ми. Такие процессы тоже очень интересны, так как для лазерного ввода энергии, кроме резонансности воздействия, характерны точная локализация, дозированность, абсолютная стерильность, гомогенность, возможность быстрого и сильного нагрева и т. п. Поэтому молекулярно-кинетические процессы под действием лазерного разогрева системы протекают не так, как при использовании традиционных нагревателей. Лазер, даже когда его излучение используется как источник тепла, не эквивалентен обычной горелке. Особенно хорошо это видно в резонансном случае, когда путем перестройки частоты лазерного излучения можно вводить энергию в систему по выбору либо через химически нейтральный, но резонансный излучению компонент исходной смеси (термосенсибилизатор), либо через вступающий в реакцию компонент (исходный реагент), либо через желаемый продукт реакции, возникающий в ее ходе (резонансный продукт). Каждому из этих случаев соответствует своя кинетика, что позволяет динамически управлять ходом реакций*.

В лазерной термохимии обнаруживаются новые, нетривиальные возможности управления химическими реакциями, связанные главным образом с установлением обратной связи между химическими и оптическими свойствами системы. Поглощается излучение — изменяется температура, а следовательно, и скорость реакции, т. е. скорость наработки ее продуктов и соответственно поглощательная способность по отношению системы к монохроматическому лазерному излучению. Глубина и знак возникающей таким образом обратной связи задаются длиной волны и интенсивностью лазерного излучения, возможность управления которыми представляет собой мощный фактор эффективного воздействия на термохимические процессы. На рис. 6 приведена фотография кристаллов закиси меди, выращенных в процессе окисления металла при лазерном нагреве в воздухе. Видно, как растут «гигантские» кристаллы в направлении лазерного луча.

Этот эксперимент выполнен в строго гетерофазных условиях, т. е. на границе раздела двух различных веществ, находящихся в различных фазовых состояниях. Лазерное управление окислением металлической поверхности — частный пример широкого класса лазерных гетерогенных процессов, т. е. процессов, идущих на границе раздела двух сред при освещении области раздела лазерным лучом. У гетерогенных молекулярно-кинетических процессов типа адсорбции, хемосорбции и т. п. энергия активации мала по сравнению с гомогенными процессами типа ионизации, диссоциации, химических реакций присоединения и замещения в газовой фазе, в жидкостях. Следовательно, гетерогенные процессы более чувствительны к малым изменениям энергии молекул. Значит, в результате поглощения молекулой одного колебательного кванта может существенно измениться ее поведение на границе раздела двух фаз. А это, в свою очередь, открывает возможность селективного лазерного управления гетерогенными процессами.

Гетерогенные молекулярно-кинетические процессы многообразны. Кроме названных, это катализ, ионный обмен, сорбционная экстракция, испарение и конденсация, диффузия в перегородках и т. п.; все они представляют большой интерес как возможные селективные процессы на границе раздела двух сред, инициируемые резонансным лазерным излучением.

К настоящему времени в нашем Институте наибольший прогресс достигнут в разработке методов лазерного управления потоком резонансных молекул через пористую перегородку и через капилляры. Как правило, поток молекул через тонкие капилляры или узкие поры в губкообразных структурах определяется диффузионными законами. Чем больше коэффициент диффузии, тем интенсивнее поток молекул через преграду. Прилипание молекул к стенкам капилляра или пор уменьшает коэффициент диффузии. Этим прилипанием можно управлять с помощью резонансного лазерного излучения: под его действием у молекул появляется дипольный момент, их адсорбируемость стенками усиливается и скорость диффузии снижается. В результате резонансное лазерное излучение управляет потоком молекул, диффундирующих через узкие каналы или поры (см. рис. 7). Очевидно, что это эффективный метод селекции веществ.

□

Мы рассказали о некоторых сторонах взаимодействия лазерного излучения с молекулами, уделив основное внимание резонансным взаимодействиям. Исследования в этой области ведутся в лабораториях всего мира. Многие из результатов достигли стадии реального практического использования. Немало сделано, но еще больше нерешенных проблем, главная из которых — сохранение селективности интенсивного резонансного лазерного воздействия на вещество вплоть до необратимого выделения желаемого продукта.

Дальнейшее развитие квантовой электроники, создание новых лазеров, расширение диапазонов длин волн лазерной генерации и областей плавной перестройки частоты лазерного излучения в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой частях спектра существенно расширят возможности применения резонансных взаимодействий.

* Лазерной термохимии посвящена статья сотрудников нашего института Ф. В. Бункина, Н. А. Кириченко и Б. С. Лукьянчука «Термохимическое действие лазерного излучения», опубликованная в журнале «Успехи физических наук», т. 138, вып. 1, 1982.

Герман Герхард ГЕРЦ (Hertz) (р. 1922) — немецкий физико-химик, доктор естественных наук, профессор, заведующий кафедрой в Институте физической химии и электрохимии Университета г. Карлсруэ (ФРГ).

С 1945 изучал физику в Гамбурге, в 1950 получил диплом физика. В 1952 защитил докторскую диссертацию, посвященную созданию чувствительной камеры Вильсона непрерывного действия. Затем измерял критическое пересыщение паров в диффузионных камерах Вильсона. Работал ассистентом-исследователем в Университете и в Институте физической химии г. Гамбурга.

С 1953 по 1954 занимался разделением изотопов с помощью газовой центрифуги. С 1954 исследует растворы электролитов, применяя ядерный магнитный резонанс (ЯМР).

С 1960 занимал должности ассистента-исследователя, старшего ассистента, затем экстраординарного профессора Университета г. Мюнстера. С 1965 ординарный профессор физической химии в Университете г. Карлсруэ, где продолжает работы по изучению структуры и динамики жидкостей методом ЯМР. С 1976 занимается также диффузией и электрической подвижностью частиц в растворах, процессами переноса в растворах электролитов. В 1980 вышла его книга: «Электрохимия. Новая формулировка основных принципов».

Герман Герхард ГЕРЦ

Структура жидкостей и движение молекул

Окружающий человека мир состоит из твердых, жидких и газообразных тел. Твердые тела характеризуются стабильностью формы и тем, что образующие их атомы совершают малые (тепловые) колебания вокруг фиксированных положений равновесия. Твердые тела делятся на кристаллические и аморфные. В кристаллической решетке твердых тел атомы находятся в неподвижных, периодически повторяющихся узлах решетки, т. е. существует дальний порядок в расположении атомов и молекул. В аморфных телах нет такого строгого порядка, колебания частиц происходят вокруг хаотически расположенных точек.

Для жидкостей, как и для аморфных твердых тел, характерен только ближний порядок расположения атомов и молекул. Перескоки частиц жидкости из одного положения равновесия в другое совершаются очень часто, поэтому нельзя говорить о форме жидкости, она принимает форму сосуда, в котором находится.

В этой статье мы расскажем об исследованиях, проводимых нами в Институте физической химии и электрохимии Университета г. Карлсруэ по изучению структуры жидкостей и происходящих в них динамических процессов. Сначала мы рассмотрим чистые жидкости (в обычном понимании), а затем их смеси. Смеси делятся на два класса. Одни — электролиты, например раствор поваренной соли (*NaCl*) в воде; они проводят электрический ток, так как содержат ионы. Все компоненты смесей другого класса — нейтральные молекулы, электрический ток они не проводят и являются изоляторами. К таким смесям относятся, например, смесь ацетона и углеводорода, гексана.

Структура жидкостей

Известный английский кристаллограф Дж. Бернал образно описал кристалл как строго уложенные «штабеля» атомов или молекул, в то же время он представил жидкость в виде некоторой совокупности частиц. Чем отличается такая структура? В ней нет периодичности, нет внутренней координатной системы, с помощью которой можно определить четкие положения точек.

Для описания структуры жидкости используют так называемую функцию парного распределения атомов. На рис. 1 представлена такая функция $P_{BA}(r)$. Она определяет вероятность того, что атом вида A будет обнаружен на расстоянии r от атома вида B. Вблизи B функция $P_{BA}(r)$ выявляет некоторое структурирование жидкости, а при больших значениях она постоянна и равна средней плотности частиц. Если имеются атомы нескольких видов, например A, B, C, D, то будет уже целый набор таких функций, а именно $P_{AA}(r)$, $P_{AB}(r)$, $P_{AC}(r)$, $P_{BB}(r)$... еще труднее установить подобный набор функций парного распределения для системы молекула — молекула, поскольку эти функции, кроме того, что дают вероятность нахождения определенной молекулы на расстоянии r от другой, показывают еще, как эта вероятность зависит от ориентации обеих молекул.

На рис. 2 изображены молекулы, имеющие пространственную структуру, поэтому довольно просто узнать каждую из них. Пространственная структура в этом случае представляет собой распределение электронного облака. Если не изображать облако (и связи между атомами), то пространственная структура, созданная только ядрами атомов молекул, будет показана точками (рис. 3). Современные методы позволяют определять расстояния между этими материальными точками, т. е. атомными ядрами, но при этом распределение электронов остается «невидимым».

Теперь попытаемся описать структуру жидкости (например, метанола), состоящей из совокупности точек. Для этого воспользуемся методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Он основан на том, что большинство атомных ядер имеют магнитные моменты, т. е. являются маленькими магнитными диполями и их можно использовать как измерительные зонды. Лишь у немногих ядер

непосредственном контакте с положительно заряженным катионом? Чтобы ответить на него, представим следующую схему. Предположим, что в первой сольватной сфере* вокруг катиона есть шесть мест (рис. 9). Если на одно из них попадает анион, то одна из молекул растворителя будет вытеснена (выйдет из первой сольватной сферы).

Тогда из-за отдаления ее от центрального ядра вклад этой молекулы в релаксацию будет пренебрежимо мал, останется только 5/6 от полной величины. При «прощупывании» будет зарегистрировано особо короткое расстояние между анионом и катионом. А если больше анионов займут места около катиона, то их воздействие еще сильнее изменит локальное поле.

Можно также использовать магнитное поле электронных спиновых моментов иона при условии, что он парамагнитен. Иногда для установления возможного прямого контакта аниона с катионом можно использовать упомянутое ранее «мешающее» взаимодействие электрических ядерных квадрупольных моментов с локальным электрическим полем.

Есть еще и другие методы исследования, в частности интерференционные. В них используются рентгеновское, электронное и нейтронное излучения. Для исследований с помощью нейтронного излучения можно воспользоваться изотопным замещением.

* Первая сольватная сфера состоит из ближайших к иону молекул растворителя. — *Ред.*

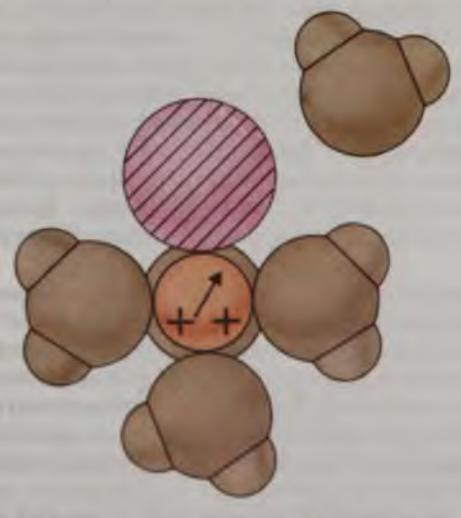


Рис. 9. Если в первой сольватной сфере центрального иона одно из шести мест занимает анион (заштриховано), то в ней остается всего пять молекул воды (две из них лежат над и под плоскостью чертежа и поэтому не видны). Расстояние от катиона до вытесненной из сферы шестой молекулы воды из-за внедрения аниона стало больше

Молекулярные движения в жидкостях

До сих пор мы описывали структуру жидкости как некую совокупность частиц, т. е. рассматривали как бы моментальный снимок. Но ведь мы уже говорили, что частицы жидкости совершают быстрые беспорядочные движения. Поэтому если через весьма короткий промежуток времени сделать еще один моментальный снимок, то все положения точек на двух снимках не совпадут. Каким должен быть для молекулярных жидкостей этот промежуток времени, чтобы нельзя было увидеть какое-либо совпадение двух положений? Согласно теоретическому расчету получают время порядка 10^{-11} с, что соответствует периоду колебания в микроволновой области или сантиметровому диапазону электромагнитных волн.

Как измерять столь малое время? Для этого можно «пометить» определенные молекулы и следить за их перемещением. Предложено два независимых метода нанесения меток. В первом молекулы или атомы замещают изотопическими частицами, имеющими такие же химические свойства, и следят за их перемещением с помощью масс-спектрометра (в случае стабильных изотопов) или фиксируют их излучение (в случае радиоактивных изотопов). Второй метод основан на использовании уже описанного ЯМР. Напомним, что если жидкость поместить в неоднородное магнитное поле, то ядра начинают прецессировать вокруг направления магнитного поля. Частота вращения ядер пропорциональна напряженности магнитного поля. При диффузии частиц в области с другим значением напряженности поля меняется частота вращения ядер. Используя довольно известные методы, можно измерить так называемый коэффициент самодиффузии, характеризующий перемещение частиц среди себе подобных. А затем уж рассчитать интервал времени, необходимый для того, чтобы частица смогла, случайно блуждая, пройти расстояние, примерно равное ее диаметру. Такой расчет для молекулярных жидкостей дает величину $2 \cdot 10^{-11}$ с, что приблизительно соответствует теоретической величине, названной раньше.

Пока мы говорили о чистых жидкостях, а каков будет этот интервал времени, если мы смешаем жидкости? Можно предположить, что в случае ассоциирующихся жидкостей под действием межмолекулярных сил как бы произойдет агрегирование и входящие в агрегат частицы будут иметь одинаковый коэффициент самодиффузии.

У такого агрегата, состоящего из различных молекул или других частиц, например ионов, будет большой эффективный диаметр. Эти агрегаты с большим диаметром движутся медленно и как единое целое (рис. 10).

Некоторые полученные нами результаты под-

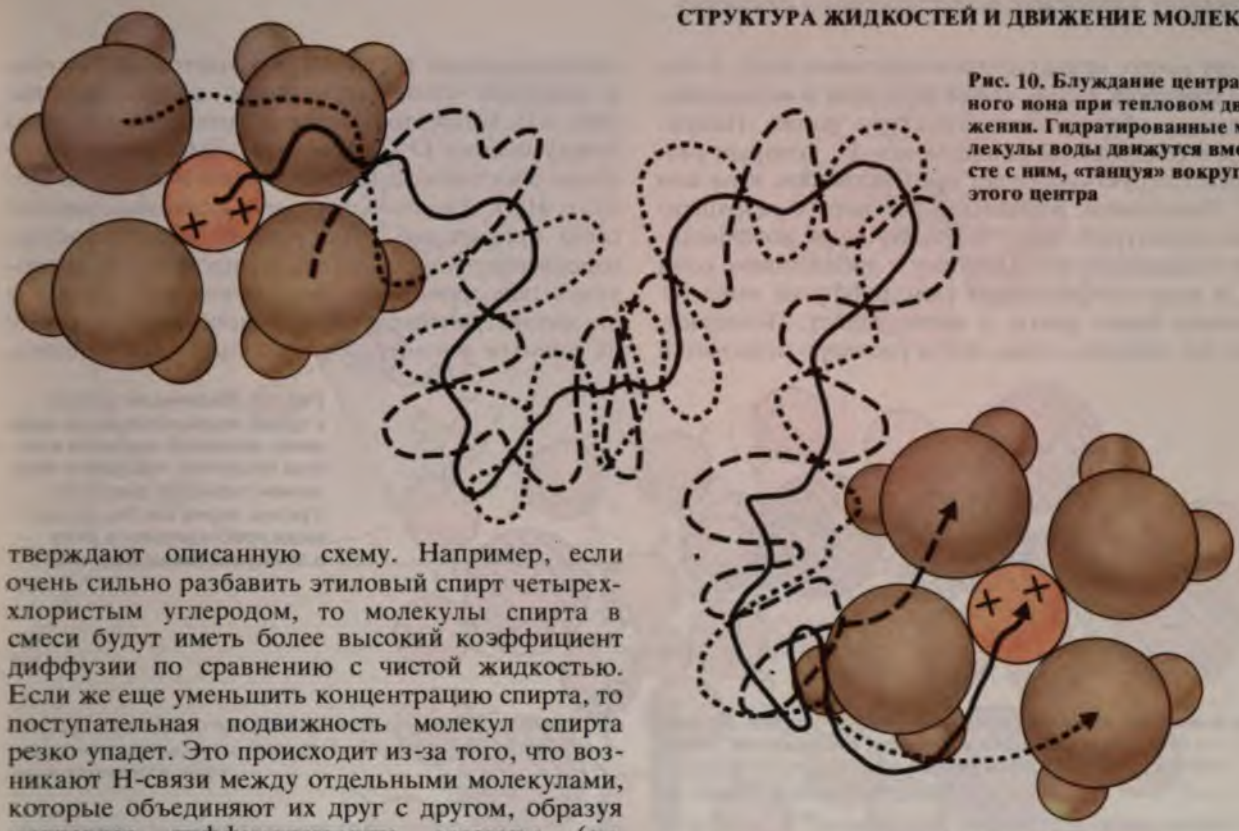


Рис. 10. Блуждание центрального иона при тепловом движении. Гидратированные молекулы воды движутся вместе с ним, «танцуя» вокруг этого центра

тверждают описанную схему. Например, если очень сильно разбавить этиловый спирт четыреххлористым углеродом, то молекулы спирта в смеси будут иметь более высокий коэффициент диффузии по сравнению с чистой жидкостью. Если же еще уменьшить концентрацию спирта, то поступательная подвижность молекул спирта резко упадет. Это происходит из-за того, что возникают Н-связи между отдельными молекулами, которые объединяют их друг с другом, образуя медленнее диффундирующие агрегаты (см. рис. 5).

Весьма интересны данные для водных смесей, содержащих молекулы с одной или несколькими метильными или алкильными группами. Даже если органические компоненты в чистой жидкости имеют более высокий коэффициент, чем вода, то коэффициенты диффузии воды и ее партнеров по смеси сначала с ростом содержания органического компонента уменьшаются, а потом, после достижения некоторого минимума, снова растут. Это явление называется гидрофобной гидратацией (обволакиванием). Гидрофобные группы окружаются водной оболочкой несмотря на то, что в самом деле они «инертны», т. е. не могут взаимодействовать. Однако гидрофобная гидратация очень неустойчива. Образовавшаяся «клетка» разрушается приблизительно за время 10^{-11} с, и возникает уже новая с другими молекулами воды.

При обычной гидратации малых и высокозарядных ионов, таких, как Mg^{2+}, Ca^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Al^{3+}, Ga^{3+}, возникает такое сильное ион-молекулярное взаимодействие, что не только коэффициент диффузии молекул воды в первой гидратной оболочке резко убывает, но и ионы в центре агрегата вместе с молекулами воды двигаются, как твердоспаянные в клетке (рис. 11).

Наблюдается еще одно интересное явление. Около клетки будет «летать» рой анионов, который как бы принадлежит к рассматриваемому катиону и нейтрализует его. Так, например, у хлорида алюминия $AlCl_3$ три хлорид-иона «танцуют» около клетки на более или менее значительном расстоянии. Отдельно взятые анионы при высоких разбавлениях совершают относительно быстрое неупорядоченное движение в растворе. Однако при высоких концентрациях растворенных солей они находятся где-то вблизи от катионов, «привязываются» к ним и замедляют свое движение. Итак, анионные коэффициенты самодиффузии с ростом концентрации соли будут быстро уменьшаться.

До этого мы говорили о неупорядоченном движении маленьких высокозаряженных ионов. А как проявляют себя ионы с малым зарядом и большим радиусом, т. е. такие, как Gs^+, Rb^+, K^+, I^-, Br^-? Ответ поразительный: неупорядочное движение молекул воды в присутствии этих ионов становится быстрее.

Представим опять молекулу воды в виде шара с двумя маленькими кнопками, атомами водорода (рис. 12). Может так случиться, что одна или две кнопки прилипнут к другой молекуле воды. Тогда возникнет сильно разветвленная пространственная сеть, весьма похожая на кристаллическую структуру льда. Введем в воду только что упомянутые большие ионы, электрические поля которых смогут порвать водородные связи, т. е. как бы усилием оторвем кнопку от места прилипания. Вся специфическая структура воды мгновенно разрушится, ее молекулы начнут двигаться быстрее, чем в чистой воде. И с противоионом (ионом противоположного заряда) здесь проис-

ходит нечто, прямо противоположное тому, о чем мы говорили выше, когда речь шла о маленьких, сильных образующих структуру ионах. Например, в растворе KI большой ион I^-, который разрушает структуру, будет воздействовать и на ион K^+. Последний, находясь в растворе с разрушенной структурой, будет иметь большой коэффициент самодиффузии. Поэтому с добавлением соли KI в воду коэффициент самодиффузии иона K^+ сначала будет расти, а затем упадет. Полагают, что это связано с тем, что в растворе появляется много ионов I^-, имеющих большие размеры, к тому же часть этих ионов может ассоциироваться с ионами K^+, создавая агрегаты большого размера. Особенно отчетливо заметен эффект при низких температурах, когда структура воды еще подобна льду и потому может резко кооперативно разрушаться.

Рассмотрим раствор соли в воде, т. е. электролита. Допустим, что мы можем наблюдать блуждания отдельной молекулы воды. Оказывается, что молекула не только перемещается, но она еще и изменяет свою ориентацию в пространстве (рис. 13). Биссектриса угла (стрелка на рисунке) между обеими O—H-связями указывает направление электрического дипольного момента молекулы H_2O. Дипольный момент постоянно меняет свою ориентацию относительно стенок сосуда, содержащего жидкость; т. е. происходит постоянное переориентирующее движение. Из опытов по диэлектрической поляризации воды, а также по данным магнитной релаксации ядер найдено,

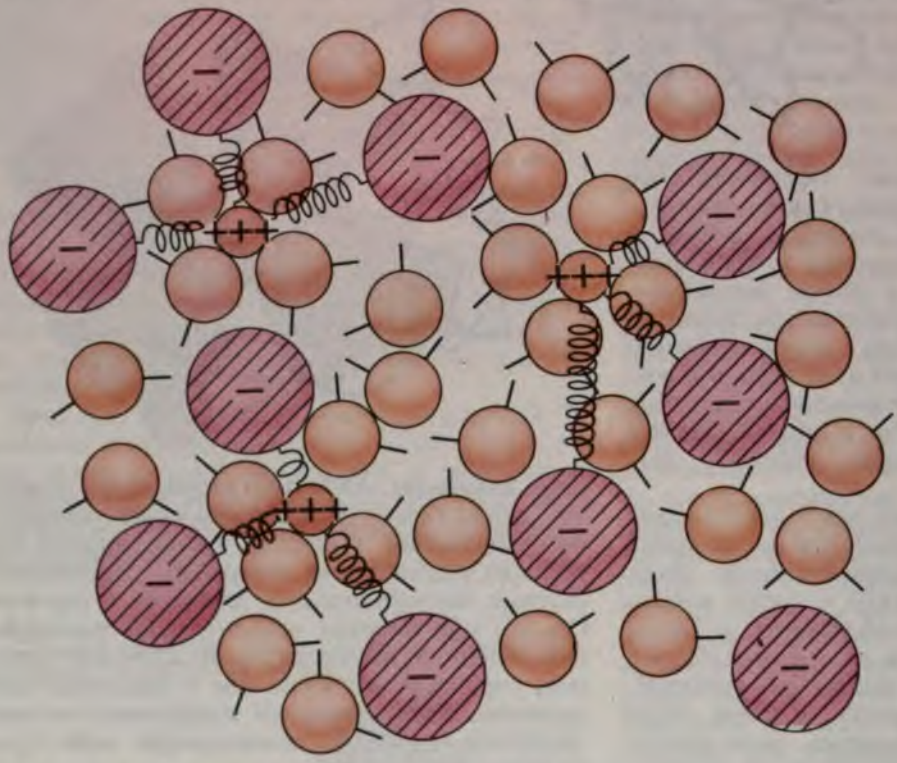


Рис. 11. Маленький катион с тремя положительными зарядами, имеющий прочную водную оболочку, совершает медленное тепловое движение. Три его атома как бы пружинами присоединены к нему и движутся также медленно

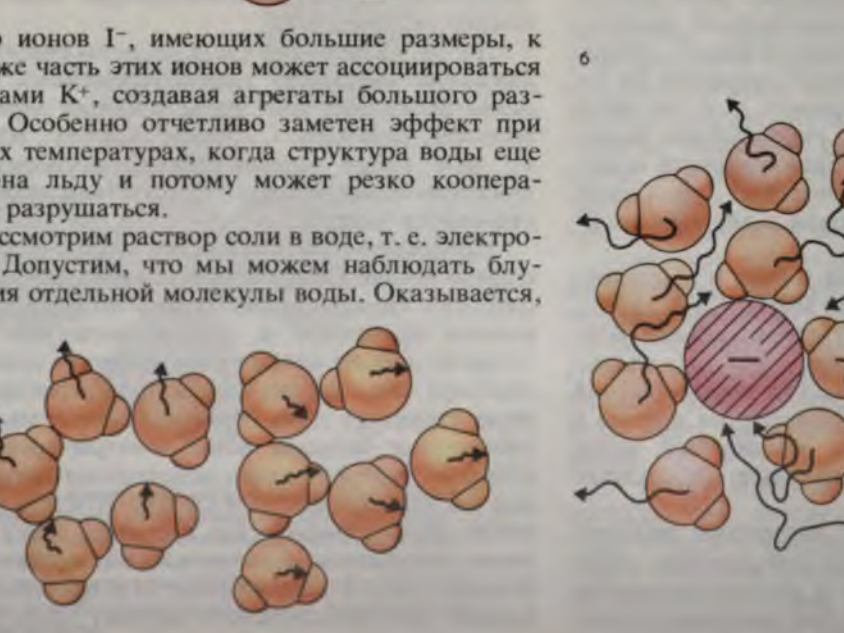
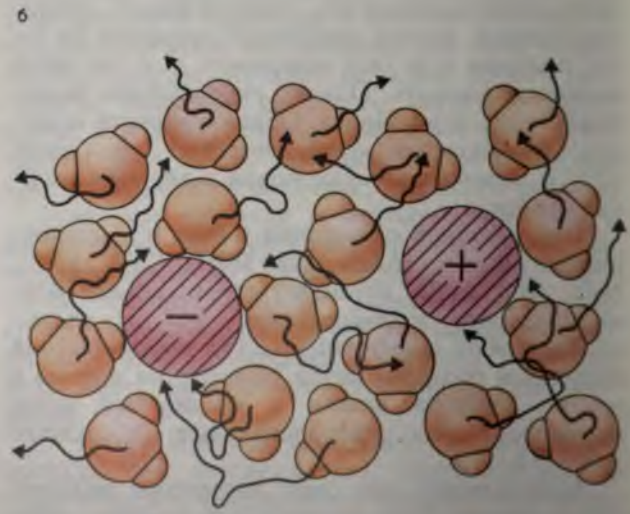


Рис. 12. Сильная связь между молекулами воды (H-связи) в чистой жидкости создает препятствия движению (а). Предполагается, что в реальной трехмерной жидкости у каждой молекулы H_2O имеется две такие связи. Электрические поля сравнительно больших ионов разрывают H-связи (б). Молекула воды приобретает бо́льшую свободу движения



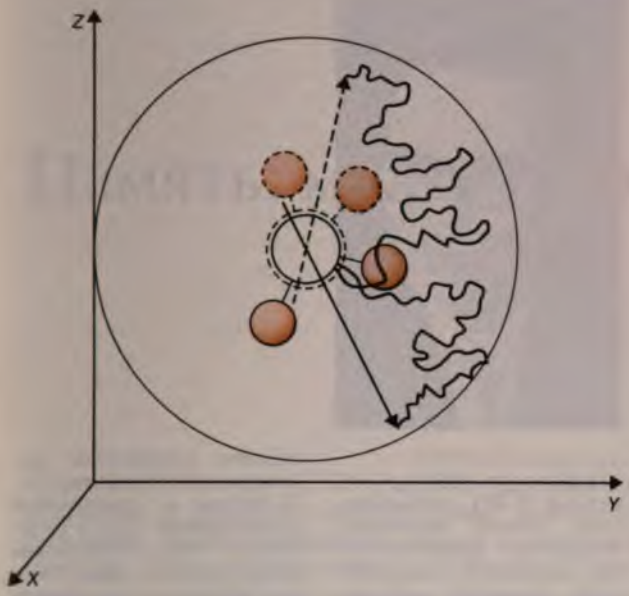


Рис. 13. Конец вектора электрического дипольного момента молекулы воды совершает блуждающее движение по поверхности шара

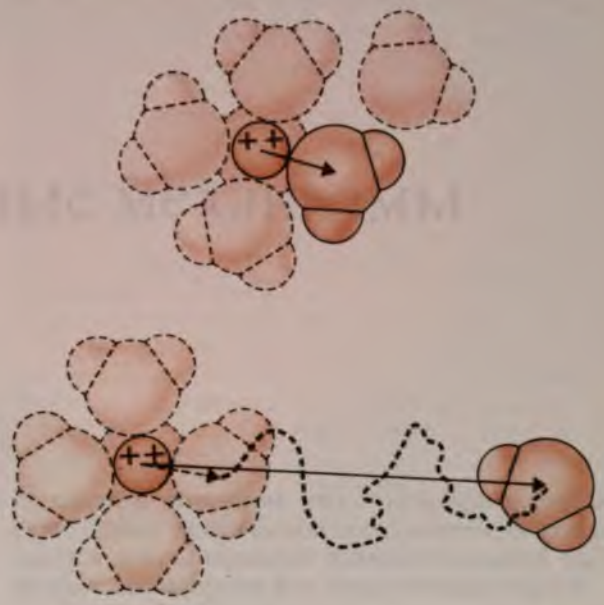


Рис. 14. Вверху — молекула воды (показана сплошной линией), покидающая гидратную оболочку иона; внизу — молекула уже довольно далеко отошла от иона, ее место заняла другая молекула H_2O

что время, необходимое для существенного изменения ориентации дипольного момента молекул воды, приблизительно равно $8 \cdot 10^{-12}$ *с*. Если это время известно, то на основе магнитной ядерной релаксации можно получить сведения о структуре и, наоборот, зная структуру, можем определить время.

Поступательное и вращательное движения молекул воды в зависимости от условий изменяются одинаково. В водных растворах солей, разрушающих структуру, переориентационное движение молекул воды будет происходить быстрее, чем в растворах солей, образующих структуру. Замедление молекулярного движения с ростом концентрации соли наблюдают для большинства органических растворителей. Происходит запирание ионов в твердые сольватные клетки. Однако известны два исключения. Экспериментально установлено, что при растворении соли KI в гликоле и глицерине, имеющих более одной OH-группы на молекулу, вращательное движение при невысоких концентрациях соли ускорено, т. е. картина немного похожа на молекулярное движение в воде, у которой на одну молекулу приходится две OH-группы.

Удалось экспериментально установить время переориентации некоторых из описанных выше агрегатов, состоящих из многих молекул и одного иона, т. е. гидратных или сольватных комплексов. Оказалось, что время переориентации гидратных комплексов, например иона марганца Mn^{+2} или меди Cu^{+2}, приблизительно в 10 раз больше, чем у молекул воды. Таким образом, и на примере вращательного движения мы видим, что малые высокозаряженные ионы создают в жидкости большие и потому медленнее движущиеся образования.

Как долго остаются друг около друга молекулы растворителя, собравшиеся в гидратном или сольватном комплексе возле иона? Блуждая по раствору, гидратный комплекс теряет одну из молекул воды (см. рис. 14). Выход молекулы из гидратной оболочки вызван тепловым движением молекул раствора, которые ударяют по комплексу. В течение некоторого времени сумма единичных сил, возникающих от этих ударов, уравновешивается, но наступает момент, когда случайная силовая флуктуация оказывается достаточной для того, чтобы молекула воды покинула комплекс, а ее место заняла другая молекула воды из раствора, т. е. происходит обмен молекул. Обмен идет тем быстрее, чем выше температура, так как высокая температура означает большую вероятность такого мгновенного силового воздействия. Время пребывания молекулы в сольватной или гидратной оболочке называется временем обмена. Диапазон времени обмена молекул растворителя и двухзарядных ионов весьма велик: от 10^{-9} *с* до нескольких часов. И наконец, отметим, что обмениваемыми частицами могут быть не только молекулы растворителя, но и ионы в первой сольватной оболочке катионов. Наблюдающийся диапазон времени их обмена приблизительно такой же, как и у молекул растворителя.

Хансюрген МАТТИС (Matthies) (р. 1925) — немецкий (ГДР) нейрофизиолог, доктор медицины, профессор фармакологии Магдебургской медицинской академии, действительный член Академии наук ГДР, лауреат Национальной премии ГДР.

В 1944—1951 с перерывами, вызванными войной, изучал медицину в Вене, а также в Берлине, где проходил научную подготовку в Фармакологическом институте Берлинского университета имени Гумбольдта под руководством Ф. Юнга. В 1951—1957 занимался преимущественно обменом веществ в эритроцитах, но уже тогда начал исследовать обмен медиаторов и фармакологические влияния на процессы обучения. Позднее углубился в нейрофизиологические и нейробиологические исследования, в частности, в изучение механизмов действия антидепрессантов и психостимуляторов.

Удостоен Национальной премии ГДР в 1968 и 1980. Избран действительным членом Академии наук ГДР в 1973.

С 1981 Х. Маттис — директор вновь организованного Института нейробиологии и исследования мозга Академии наук ГДР. Основные усилия руководимого им коллектива сконцентрированы на клеточных механизмах формирования памяти и фармакологических влияниях на процессы запоминания. Эти проблемы и механизмы так называемой нейрональной пластичности — главное направление исследований Института.

Х. Маттис — постоянный представитель ГДР и координатор темы «Механизмы формирования памяти» в проблемной комиссии «Интермозг» академий наук социалистических стран, член Международной организации по изучению мозга (IBRO) при ЮНЕСКО, член-корреспондент Павловского общества США.

Хансюрген МАТТИС

Память: молекулярные механизмы

Огромная заслуга И. П. Павлова состоит в открытии и детальном исследовании условного рефлекса, представляющего собой важнейший принцип функционирования центральной нервной системы. В многочисленных экспериментальных исследованиях советские физиологи изучили основные закономерности и проявления условного рефлекса у человека и животных, способствуя тем самым более глубокому пониманию высшей нервной деятельности.

Но условный рефлекс — не единственный функциональный принцип центральной нервной системы, к такому заключению привели накопление экспериментальных данных и быстрый рост знаний в этой области. На основе теоретических предпосылок, созданных И. П. Павловым, появились новые представления. Например, П. К. Анохиным была разработана концепция функциональной системы, обеспечивающей организму неразрывное единство со средой благодаря обратной афферентации и сличению результатов осуществляемой деятельности с условиями существования*. Назовем также концепцию П. В. Симонова, раскрывающую особую роль эмоционально-мотивационных компонентов в условно-рефлекторных процессах и высшей нервной деятельности в целом. Нельзя забывать и о том, что И. П. Павлов, провозгласив условный рефлекс функциональным принципом высшей нервной деятельности, пришел тем самым к важнейшему теоретическому обобщению. В его представлениях замыкание временных связей между элементами функциональных систем мозга — основа образования следов памяти, или, как бы мы сказали об этом сегодня, — основа накопления информации в центральной нервной системе.

Совокупность приобретенной информации, врожденных программ деятельности и оценки ее результатов обеспечивается относительно стабильными функциональными связями, что составляет в конечном итоге нейрофизиологическую основу психической деятельности, осознаваемых и неосознаваемых взаимоотношений организма с его природной и общественной средой.

Существуют стабильные и временные функциональные связи между нервными клетками, обеспечивающие единство нервной системы и определяющие характер деятельности функциональных структур. Материальный субстрат этих связей — множество разнообразных межнейронных (т. е. между нервными клетками — нейронами) синаптических контактов. Именно эти контакты заслуживают особого внимания при выяснении процессов, лежащих в основе замыкания временной связи.

В прошедшие годы мы изучали преимущественно клеточные процессы, лежащие в основе изменений эффективности синаптической передачи, образование новых или перестройку ранее существовавших межнейронных связей. При этом мы учитывали новейшие достижения общей нейробиологии, способствующие пониманию наблюдаемых процессов и уточнению теоретических концепций*.

Рассматривая межнейронные взаимоотношения, которые в основном реализуются за счет синаптических связей, следует иметь в виду различные аспекты этих взаимоотношений, такие, как морфолого-топологический, физико-энергетический, химико-вещественный и информационный.

Эти аспекты отнюдь не самостоятельны, они представляют собой разные формы межнейронных отношений и поэтому не могут быть отде-

---

* См. статью *П. К. Анохина* «Новое о работе мозга» в ежегоднике «Наука и человечество. 1965». — *Ред.*

* В последние годы Институтом фармакологии и токсикологии Магдебургской медицинской академии установлены тесные творческие связи с Институтом высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР, Институтом мозга АМН СССР, Институтом физиологии АН Грузинской ССР, Институтом автоматики и электрометрии Сибирского отделения АН СССР и Институтом клинической и экспериментальной медицины Сибирского отделения АМН СССР.

лены друг от друга. Если даже из методических соображений рассматривается лишь один из них, действительное понимание межнейронных взаимоотношений оказывается возможным только с учетом всех форм проявления межнейронных связей. Это положение составляет подлинную основу нейробиологических исследований, требующих в высшей степени комплексного подхода. Какая-либо одна форма изменения определенных межнейронных взаимоотношений не может быть причиной других форм их проявления. Например, биохимические изменения, вызванные психофармакологическим препаратом и коррелирующие определенным образом с поведением, могут рассматриваться как причины данной формы активности, хотя в действительности они свидетельствуют лишь о явлениях на нижележащем уровне биологической организации.

Естественно возникает вопрос о значении процессов на молекулярно-клеточном уровне для понимания функций нервной системы, и в первую очередь — высшей нервной деятельности. Ответ на него каждый раз зависит от конкретной постановки проблемы. С точки зрения особенностей информационных процессов в мозге и процессов высшей нервной деятельности биохимические изменения — относительно неспецифический инструмент исследования когда речь идет о конструкции нервной сети, ее перестройках, накоплении энергии и тех или иных веществ, передаче сигналов в клетках или между ними. Неисчислимое многообразие форм поведения или психической деятельности в большей мере относится к топологическому аспекту взаимоотношений нервных клеток. Уже приблизительное количественное сопоставление позволяет выявить здесь определенное качественное своеобразие: сравнительно небольшое число — примерно 10^5 различных макромолекул и приблизительно 10^4 различных простых молекулярных связей обеспечивают по меньшей мере 10^{16} синаптических контактов между нервными клетками, являющихся основой астрономического количества комбинаций их топологических отношений.

Поэтому сам по себе сложный узор молекулярных или внутриклеточных процессов в мозге без детального учета пространственно-временного (топологического) расположения соответствующих клеток оказывается «немым» с точки зрения информационного содержания. То же самое относится и к физико-энергетическим и электрофизиологическим аспектам. Из этого вытекает, что поиск специфической «молекулы памяти» представляет собой, очевидно, ошибочную научную стратегию.

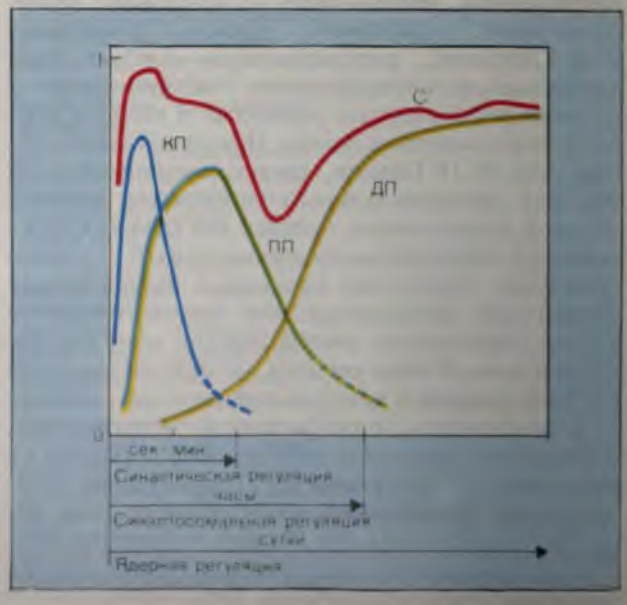
Но это ни в коем случае не значит, что биохимия вообще не имеет отношения к пониманию функций мозга; напротив, приведенные выше положения позволяют наметить определенные границы и возможности исследований. Непрерывная нервная деятельность, столь характерная для живой системы, сопровождается изменениями обмена веществ, молекулярно-клеточных процессов, и только точное знание существа этих процессов позволит выявить их зависимость от физических и химических факторов и влияние на них этих факторов. Поэтому выяснение клеточных и молекулярных механизмов, благодаря которым реализуются временные связи и устанавливаются новые топологические отношения в нервной системе, представляет собой ключ к более глубокому пониманию мозговой деятельности и использованию этих знаний на благо человека.

□

В начале исследований мы были в трудном положении. Молекулярная биология переживала тогда лишь первые шаги своего бурного развития; полностью опираться на ее результаты было еще рано, но нельзя было и целиком исходить из имевшихся в нашем распоряжении знаний о химической передаче сигнала через нейрональные синапсы. Правда, к тому времени уже был получен ряд интересных данных о биохимических процессах и возможностях их изменений под влиянием различных форм обучения. Нас далеко завело бы детальное изложение соответствующих результатов, однако о некоторых следует упомянуть, чтобы охарактеризовать нашу исходную позицию.

В многочисленных экспериментах на животных удалось обнаружить существование различных форм памяти, различающихся по временным

Рис. 1. Временные параметры различных форм памяти и соответствующие типы ее регуляции



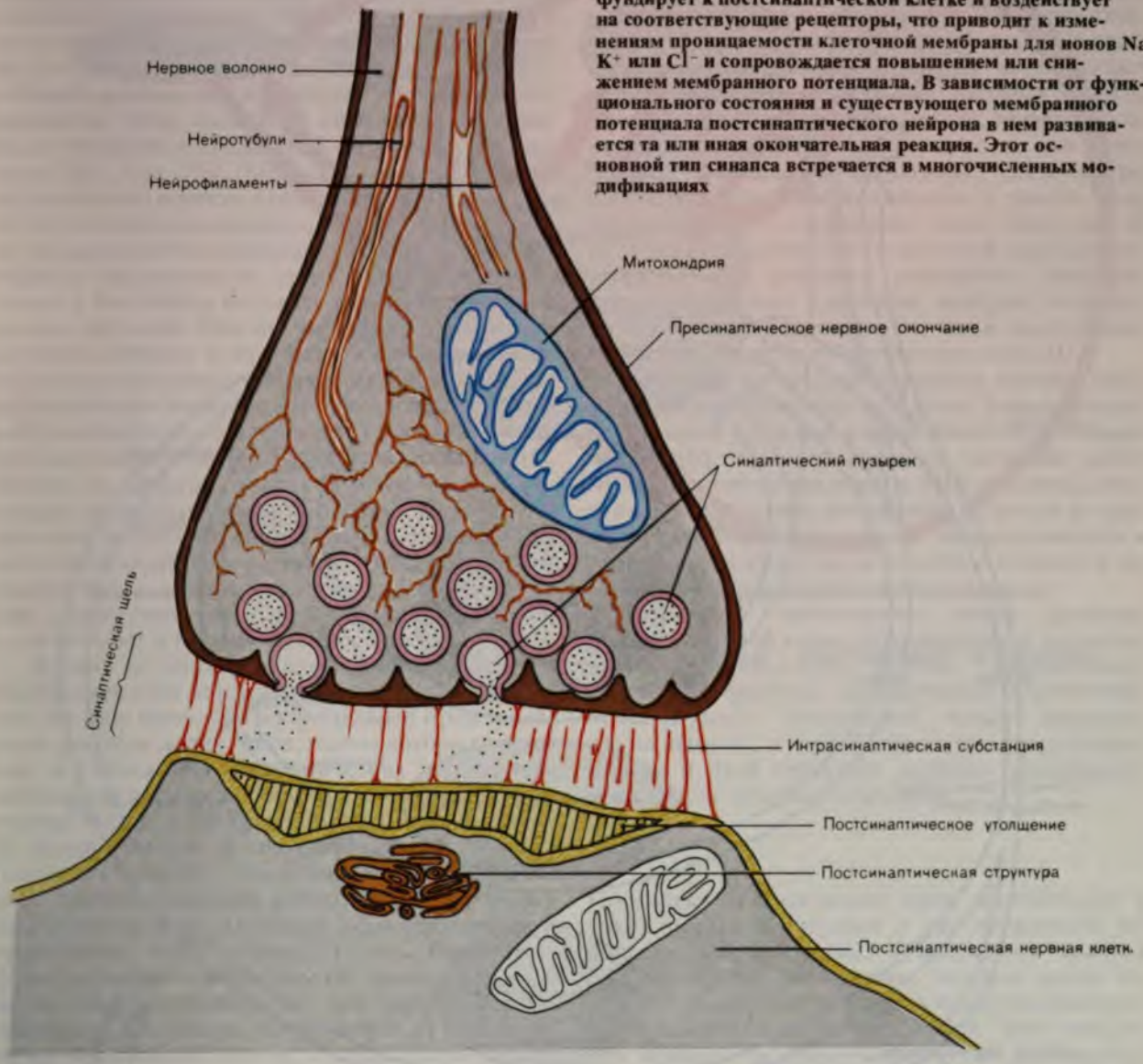


Рис. 2. Схематическое изображение синапса — контакта нервного окончания с другой клеткой. Переносчиком возбуждения служит химическое вещество — медиатор. Медиатор высвобождается нервными окончаниями, диффундирует к постсинаптической клетке и воздействует на соответствующие рецепторы, что приводит к изменениям проницаемости клеточной мембраны для ионов Na^+, K^+ или Cl^- и сопровождается повышением или снижением мембранного потенциала. В зависимости от функционального состояния и существующего мембранного потенциала постсинаптического нейрона в нем развивается та или иная окончательная реакция. Этот основной тип синапса встречается в многочисленных модификациях

константам и по способности изменяться при различных воздействиях (рис. 1). Одна форма возникала уже в процессе переработки информации в ходе обучения, ее длительность измерялась секундами — это кратковременная память (КП). За несколько часов она постепенно превращалась в долговременную память (ДП), которая сохранялась в течение дней, недель и даже всей жизни. Имелись также указания на то, что может существовать промежуточная память (ПП), длящаяся до завершения образования (консолидации) ДП.

Полноценное образование ДП может быть подавлено электрошоком (ЭШ), наносимым непосредственно после сеанса обучения. Но подавляющее память (амнезирующее) действие ЭШ убывает по мере увеличения временного интервала между завершением обучения и нанесением ЭШ. Так возникает характерный градиент действия ЭШ. Эти данные напоминают клинические наблюдения, согласно которым после тяжелых сотрясений мозга возникает так называемая ретроградная амнезия. Образование ПП, с другой стороны, может быть подавлено некоторыми кратковременными наркотическими воздействиями, существенно не затрагивающими ДП.

Напротив, избирательные воздействия на КП трудно осуществимы, так как при этом неизбежно затрагиваются процессы восприятия и

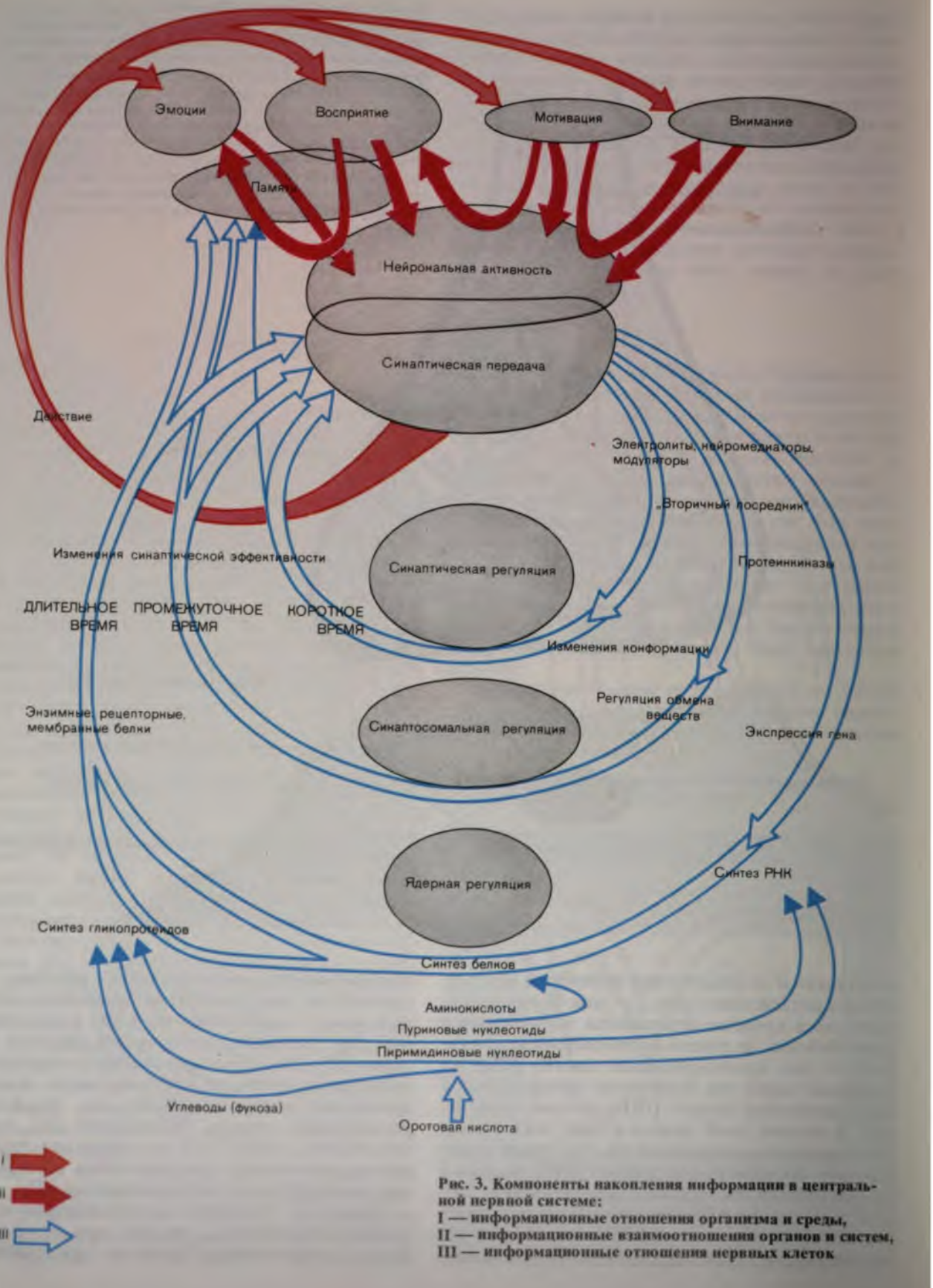


Рис. 3. Компоненты накопления информации в центральной нервной системе:
I — информационные отношения организма и среды,
II — информационные взаимоотношения органов и систем,
III — информационные отношения нервных клеток

переработки информации в ходе продолжающегося обучения.

Под влиянием ряда физиологически активных веществ проявления следа памяти могут улучшаться или ухудшаться. При этом учет времени и места введения соответствующего вещества, так же как и механизмов его действия, могут способствовать пониманию клеточных механизмов образования следа памяти. В этой связи заслуживают внимания исследования американского ученого Дж. Мак Гоу (McGaugh), прежде всего в методическом аспекте. Он показал, что для различения воздействий собственно на ДП и на ее консолидацию соответствующее воздействие целесообразно предпринимать сразу после сеанса обучения, с тем чтобы избежать влияния на процесс самого обучения. Именно таким путем возможно улучшать процесс консолидации с помощью стимуляторов центральной нервной системы. Другие исследователи показали, что введение ингибиторов белкового синтеза приводит к частичному или полному подавлению процесса консолидации ДП. Такой же эффект может быть получен с помощью ингибиторов синтеза РНК. Интерпретация этих данных неоднозначна — есть целый ряд пока малопонятных противоречий. Они связаны, скорее всего, с методическими различиями, так как в экспериментах использовались разные виды животных и разные модели обучения.

К тому же наблюдавшиеся данные интерпретировали исходя из различных концепций и гипотез. Но еще более противоречивыми представляются результаты тех работ, задача которых состояла в отыскании биохимических коррелятов собственно процессов обучения и памяти. Первые опыты такого рода провели шведский биохимик Х. Хиден (Hydén) и его сотрудник П. В. Ланге (Lange), применив метод «меток» (радиоактивных предшественников синтеза РНК и белков). Две особенности в известной мере ограничивали применение этого метода *in vivo*. Первое — функциональное многообразие мозга, который не может рассматриваться как единый орган, например, как печень, построенный из метаболически идентичных клеток, а представляет собой концентрированное скопление с трудом расчленяемых взаимопереплетенных функциональных систем. Биохимическое исследование целого мозга столь же мало информативно, как и определение общей массы тела. И второе — трудность определения истинной скорости синтеза в клеточных структурах не только по приросту их радиоактивности за счет включения меченых предшественников, но и по специфической радиоактивности предшественников там, где протекает синтез. Эти скорости удается определять лишь весьма приблизительно, так что против полученных таким путем данных всегда могут быть выдвинуты определенные методические возражения. Необходимо поэтому для получения достоверных результатов применять как можно больше разнообразных, взаимно друг друга дополняющих методик.

В конечном итоге в таких экспериментах независимо от техники исследования возникает общая методологическая проблема: в какой мере изменения, коррелирующие с процессом обучения, специфически связаны с ним, а не отражают лишь суммарную активность нервных клеток, процессы восприятия раздражений, их переработку, вызванную моторную активность или неизбежный стресс. Это затрагивает сложнейшую проблему адекватного контроля в такого рода экспериментах. И поскольку здесь пока еще не найдено идеального или по меньшей мере удовлетворительного решения, приходится использовать контрольных животных, которые подвергаются таким же воздействиям, что и подопытные животные, но не приобретают при этом ДП.

Несмотря на все эти трудности многие лаборатории независимо друг от друга, используя разные модели обучения и виды животных, обнаружили, что после завершения обучения могут наступать изменения обмена РНК и белков, главным образом в виде повышения скорости их синтеза. Такого рода изменения обнаруживаются в различных отделах мозга, в первую очередь в коре больших полушарий и гиппокампе.

Гиппокамп представляет собой древнюю форму мозговой коры, относящуюся к так называемой лимбической системе, принимающей участие в обработке аффективных воздействий. «Выключение» гиппокампа может нарушать следы памяти, а при болезненных нарушениях памяти в этой структуре нередко обнаруживаются патологические изменения.

□

Поскольку мы начинали свои исследования в такой исходной ситуации и нас привлекала эта область нейробиологии, я постарался сначала сформулировать концепцию, которая могла бы служить теоретической основой систематических экспериментальных исследований. Моя концепция исходит из существования уже упомянутых различных форм памяти и допущения, что характерные для них временные параметры, как они представлены на рис. 1, обусловлены молекулярно-клеточными процессами с соответствующими временными константами. Далее я предположил, что физические и биохимические изменения, обеспечивающие эффективность синаптической передачи, осуществляются на основе энергетических или обменных компонентов синаптической активации во время процесса обучения.

При этом я прежде всего обратил внимание на вещества-передатчики (нейромедиаторы), учитывая их двойственную функцию: передачу нервного возбуждения от одной нервной клетки к другой и их способность изменять или регулиро-

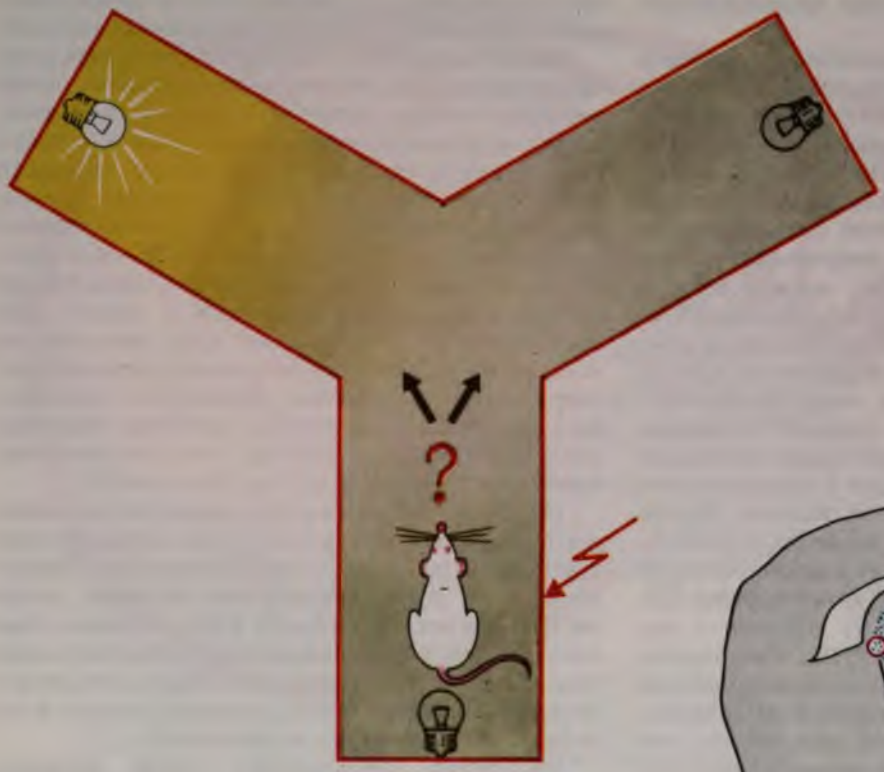


Рис. 4. Схематическое изображение опыта по зрительному различению. Крыса получает электрокожное раздражение (ЭКР) через пол стартовой норы и может убежать в любой из двух других ходов Y-образного лабиринта. При побежке в затемненный ход животное снова получает ЭКР, при побежке в освещенный — избавляется от его действия. Крыса обучается правильно выбирать примерно в течение 45 побежек (45 мин)

вать обмен веществ в пре- и особенно постсинаптических клетках (рис. 2). Эти соображения, как и известные особенности функционирования регуляторных систем в других клетках и тканях, позволили создать гипотетическую модель внутриклеточной регуляции образования синаптической связи как биологической основы формирования памяти. Она впервые была изложена в 1971 г. на III Всесоюзной фармакологической конференции в Киеве, а позднее была модифицирована и описана. Модель схематически представлена на рис. 3 в форме, включающей как более поздние результаты собственных исследований, так и успехи нейробиологии в целом. В соответствии с существованием трех главных форм памяти выделяются три главных формы регуляции синаптической связи (рис. 1 и рис. 3).

Синаптическая регуляция обеспечивает относительно кратковременные изменения функций синапсов и каких-либо компонентов мембран и основывается главным образом на конформа-

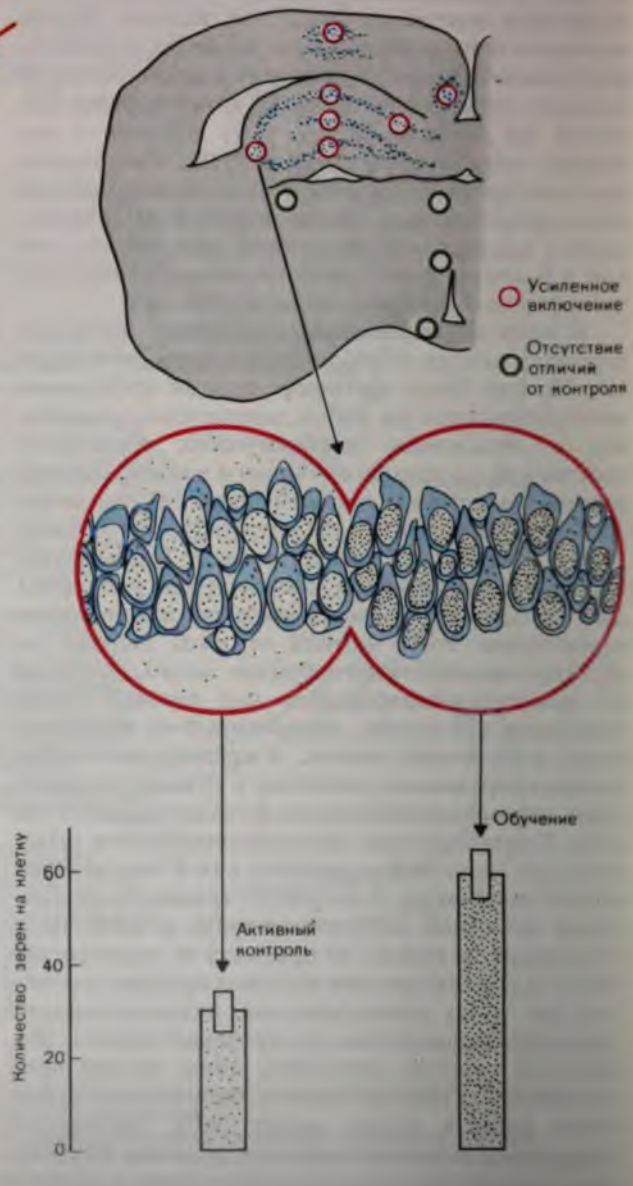


Рис. 5. Включение радиоактивных предшественников в рибонуклеиновые кислоты (РНК) и белки мозга крысы во время и после сеанса обучения. В верхней части рисунка — срез мозга крысы, точки — места усиленного включения предшественников, т. е. места активного синтеза макромолекул (макроавторадиография). В средней части — сравнение пирамидных клеток гиппокампа обученных крыс с активным контролем (микроавторадиография). Подсчет зерен серебра фотоэмульсии в идентичных клеточных группах мозга активного контроля и обученных животных служит основой для соответствующей количественной оценки (внизу)

ционных перестройках мембранных белков. Перестройки вызываются либо изменениями ионного баланса во время синаптической активности в процессе обучения, либо выделяющимися при этом нейромедиаторами. Изменения могут возникать в пре- и постсинаптических структурах и лежат в основе кратковременной памяти (КП).

Синаптосомальная регуляция включает систему регуляции, которая локализована не только непосредственно в синаптических мембранах. При этом может иметь место активация нейромедиаторами или ионами кальция ферментов, например, аденилат- или гуанилатциклазы, катализирующих образование соответствующих циклических нуклеотидов. Последние, в свою очередь, активируя другие ферменты — киназы, вызывают фосфорилирование белков или липидов и изменяют функциональные характеристики постсинаптических мембран. Однако не только фосфорилирование следует принимать во внимание. В этой системе регуляции могут играть роль процессы метилирования, ацетилирования или гликозилирования. Следует также помнить о возможности обратного захвата нейромедиаторов. Ни один из этих процессов не следует считать превалирующим, различные медиаторы могут приводить в действие одновременно различные регуляторные механизмы. Поскольку кинетика этих процессов характеризуется умеренными скоростями, они могут рассматриваться как биологические основы промежуточной памяти (ПП).

Ядерная регуляция характеризуется изменени-

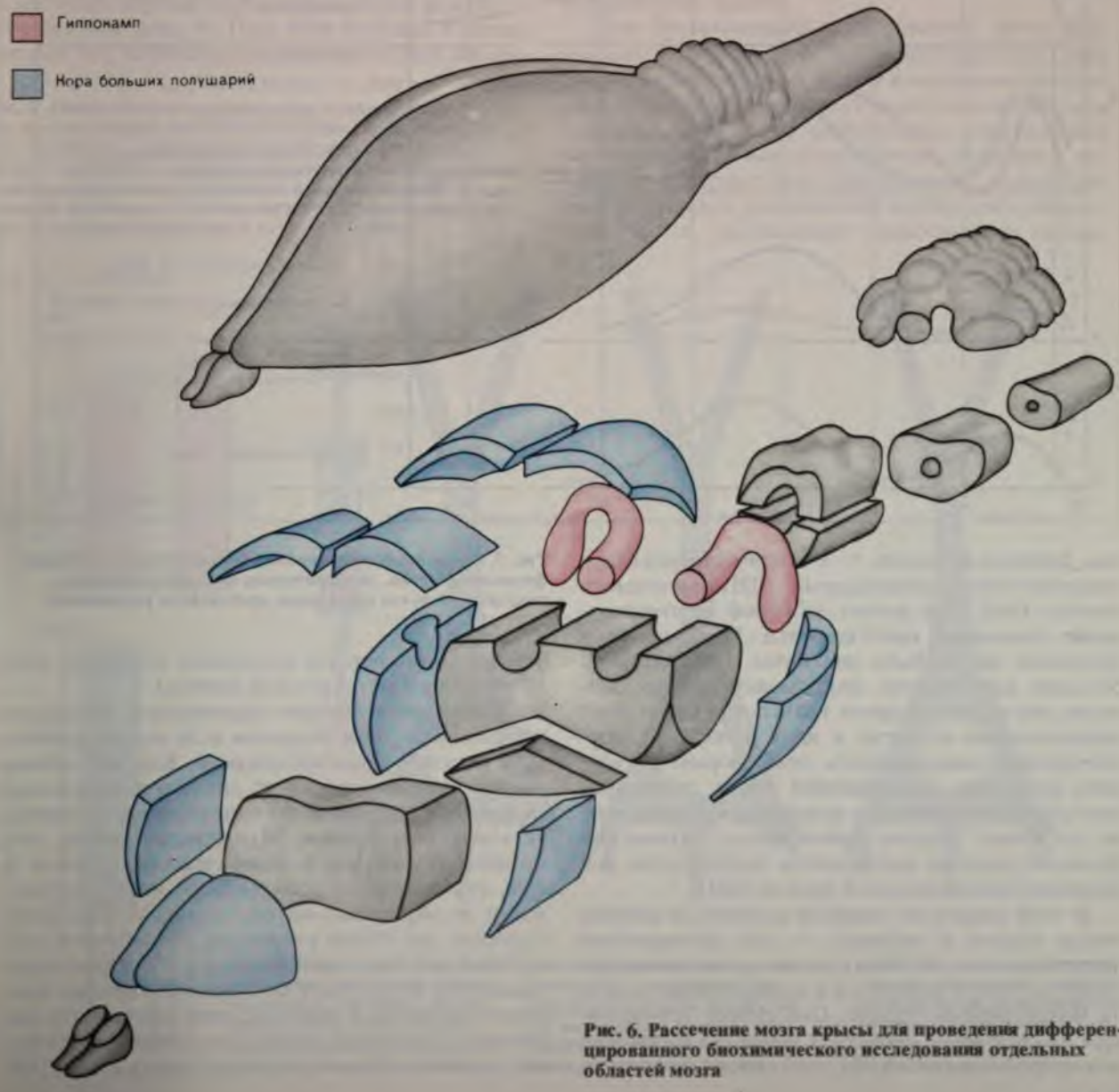


Рис. 6. Рассечение мозга крысы для проведения дифференцированного биохимического исследования отдельных областей мозга

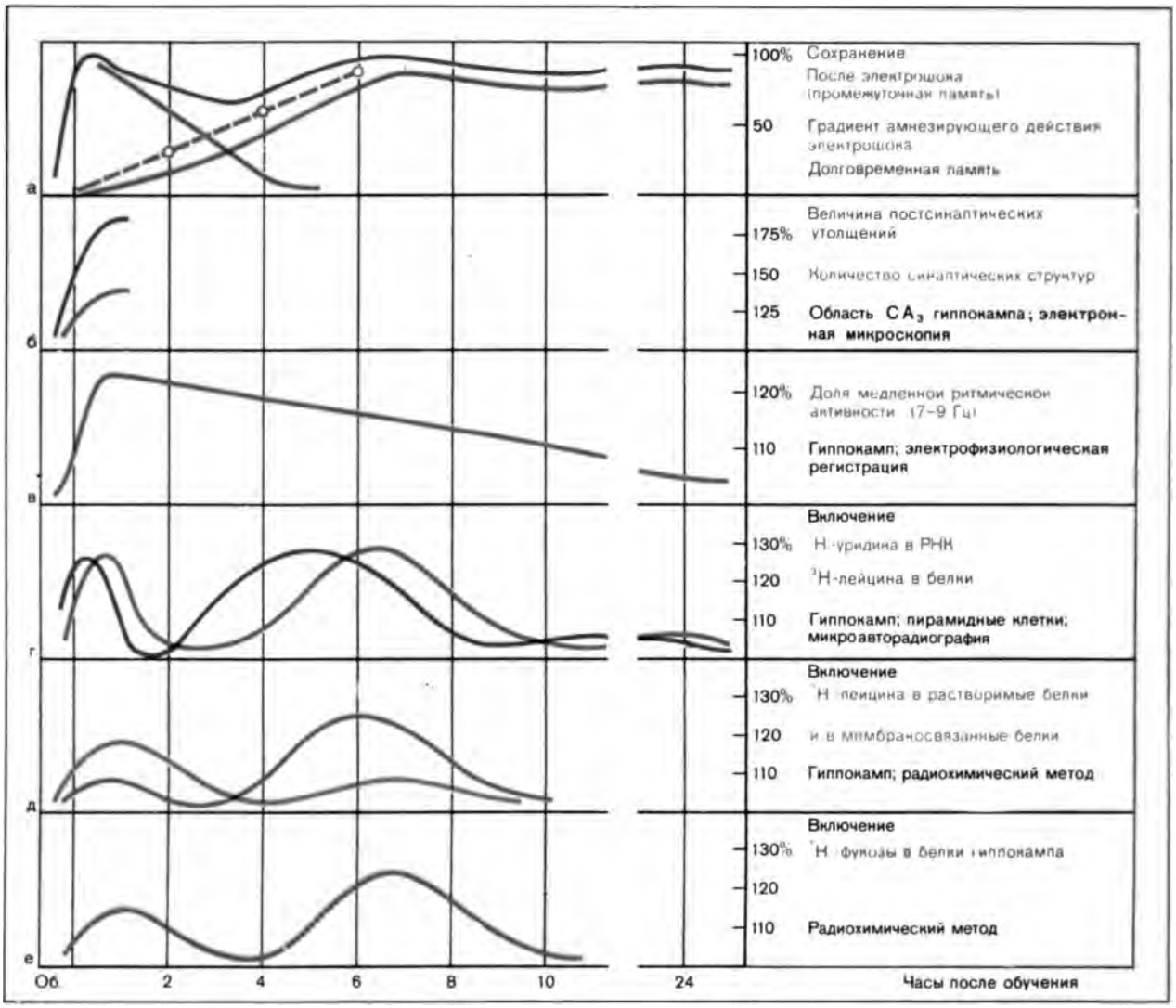


Рис. 7. Временные соотношения биохимических, электрофизиологических, поведенческих и морфологических показателей после выработки зрительного различения

ями активности генов, т. е. количественными и качественными изменениями ДНК-зависимого синтеза РНК, что влечет за собой соответствующие изменения синтеза белка. Причины этих процессов могут быть различны. Сравнительно большая длительность макромолекулярных синтезов, так же как и время транспорта веществ от синаптических структур к ядру и обратно, обусловливают замедленность этой формы регуляции. Благодаря встраиванию вновь синтезированных макромолекул в мембрану и включению их в обмен веществ длительность изменений функций синапса оказывается достаточной для развития долговременной памяти (ДП).

В этой модели не делается акцента на синтезе новых белков в нейроне — она противостоит представлению об образовании упоминавшихся выше «молекул памяти» и о кодировании памяти на молекулярном уровне. Она скорее основывается на системных свойствах мозга, на топологии межнейронных связей. На этой основе мы смогли уточнить конкретную постановку вопросов, пути их решения и методические приемы.

Мы решили сначала обратиться к процессам образования ДП и лежащим в их основе клеточным регуляторным механизмам. Как уже упоминалось, проводившиеся до сих пор исследования не привели к каким-либо однозначным и окончательным результатам. Мы предположили, что, помимо трудностей биохимического анализа *in vivo*, существенную роль должны играть особенности эксперимента по обучению. [illegible] полагать, что объем участвующих пуляций клеток и интенсив процессов возрастают по х цессов обучения и поэтом явлены с помощью соот ких приемов. Однако с

переработки информации в ходе продолжающегося обучения.

Под влиянием ряда физиологически активных веществ проявления следа памяти могут улучшаться или ухудшаться. При этом учет времени и места введения соответствующего вещества, так же как и механизмов его действия, могут способствовать пониманию клеточных механизмов образования следа памяти. В этой связи заслуживают внимания исследования американского ученого Дж. Мак Гоу (McGaugh), прежде всего в методическом аспекте. Он показал, что для различения воздействий собственно на ДП и на ее консолидацию соответствующее воздействие целесообразно предпринимать сразу после сеанса обучения, с тем чтобы избежать влияния на процесс самого обучения. Именно таким путем возможно улучшать процесс консолидации с помощью стимуляторов центральной нервной системы. Другие исследователи показали, что введение ингибиторов белкового синтеза приводит к частичному или полному подавлению процесса консолидации ДП. Такой же эффект может быть получен с помощью ингибиторов синтеза РНК. Интерпретация этих данных неоднозначна — есть целый ряд пока малопонятных противоречий. Они связаны, скорее всего, с методическими различиями, так как в экспериментах использовались разные виды животных и разные модели обучения.

К тому же наблюдавшиеся данные интерпретировали исходя из различных концепций и гипотез. Но еще более противоречивыми представляются результаты тех работ, задача которых состояла в отыскании биохимических коррелятов собственно процессов обучения и памяти. Первые опыты такого рода провели шведский биохимик Х. Хиден (Hydén) и его сотрудник П. В. Ланге (Lange), применив метод «меток» (радиоактивных предшественников синтеза РНК и белков). Две особенности в известной мере ограничивали применение этого метода *in vivo*. Первое — функциональное многообразие мозга, который не может рассматриваться как единый орган, например, как печень, построенный из метаболически идентичных клеток, а представляет собой концентрированное скопление с трудом расчленяемых взаимопереплетенных функциональных систем. Биохимическое исследование целого мозга столь же мало информативно, как и определение общей массы тела. И второе — трудность определения истинной скорости синтеза в клеточных структурах не только по приросту их радиоактивности за счет включения меченых предшественников, но и по специфической радиоактивности предшественников там, где протекает синтез. Эти скорости удается определять лишь весьма приблизительно, так что против полученных таким путем данных всегда могут быть выдвинуты определенные методические возражения. Необходимо поэтому для получения достоверных результатов применять как можно больше разнообразных, взаимно друг друга дополняющих методик.

В конечном итоге в таких экспериментах независимо от техники исследования возникает общая методологическая проблема: в какой мере изменения, коррелирующие с процессом обучения, специфически связаны с ним, а не отражают лишь суммарную активность нервных клеток, процессы восприятия раздражений, их переработку, вызванную моторную активность или неизбежный стресс. Это затрагивает сложнейшую проблему адекватного контроля в такого рода экспериментах. И поскольку здесь пока еще не найдено идеального или по меньшей мере удовлетворительного решения, приходится использовать контрольных животных, которые подвергаются таким же воздействиям, что и подопытные животные, но не приобретают при этом ДП.

Несмотря на все эти трудности многие лаборатории независимо друг от друга, используя разные модели обучения и виды животных, обнаружили, что после завершения обучения могут наступать изменения обмена РНК и белков, главным образом в виде повышения скорости их синтеза. Такого рода изменения обнаруживаются в различных отделах мозга, в первую очередь в коре больших полушарий и гиппокампе.

Гиппокамп представляет собой древнюю форму мозговой коры, относящуюся к так называемой лимбической системе, принимающей участие в обработке аффективных воздействий. «Выключение» гиппокампа может нарушать следы памяти, а при болезненных нарушениях памяти в этой структуре нередко обнаруживаются патологические изменения.

□

Поскольку мы начинали свои исследования в такой исходной ситуации и нас привлекала эта область нейробиологии, я постарался сначала сформулировать концепцию, которая могла бы служить теоретической основой систематических экспериментальных исследований. Моя концепция исходит из существования уже упомянутых различных форм памяти и допущения, что характерные для них временные параметры, как они представлены на рис. 1, обусловлены молекулярно-клеточными процессами с соответствующими временными константами. Далее я предположил, что физические и биохимические изменения, обеспечивающие эффективность синаптической передачи, осуществляются на основе энергетических или обменных компонентов синаптической активации во время процесса обучения.

При этом я прежде всего обратил внимание на вещества-передатчики (нейромедиаторы), учитывая их двойственную функцию: передачу нервного возбуждения от одной нервной клетки к другой и их способность изменять или регулиро-

ствляли такое же количество побежек. Они получали столько же «электрических наказаний», только в случайном порядке, так что у них не вырабатывалась зрительная дифференцировка. Сотрудник нашего института Т. Отт (Ott) исследовал закономерности этого эксперимента, его отличие от других поведенческих моделей у крыс и охарактеризовал временны́е параметры различных фаз памяти. По чувствительности долговременной памяти к электрошоку можно было заключить, что ее образование завершается через 5—7 часов после обучения, так как после этого времени с помощью электрошока уже не удается получить амнезирующего эффекта.

Эта модель использовалась почти во всех следующих экспериментах, с тем чтобы иметь возможность сопоставлять различные показатели. Чтобы выявить, в каких мозговых структурах прежде всего и в наибольшей степени обнаруживаются изменения синтеза макромолекул, например РНК, были проведены гистоавторадиографические исследования. С этой целью перед опытом мы инъецировали крысам в желудочек мозга меченый тритием уридин или уридинмонофосфат. Через 1 час после обучения из мозга изготовлялись гистологические срезы, покрывавшиеся фотоэмульсией. В местах включения уридина в РНК наблюдалось почернение, степень которого можно было оценить количественно. Оно было пропорционально степени включения меченого предшественника (рис. 5).

С учетом всех оговорок, которые необходимы при интерпретации результатов таких исследований, опыты показали, что, во-первых, при обучении, очевидно, активируется синтез РНК и, во-вторых, в этом процессе особенно «заинтересован» гиппокамп. Поэтому мы провели дополнительные исследования этой мозговой структуры радиохимическим методом с использованием меченых аминокислот для определения белкового синтеза. При этом внимание концентрировалось в основном на нейрональных популяциях и на синапсах, чтобы выявить общие закономерности лежащих в основе обучения клеточных процессов.

Мы использовали методику рассечения мозга крысы, разработанную В. Поле (Pohle), в Магдебурге, позволявшую в течение нескольких минут получать препараты гиппокампа и других важных мозговых структур (рис. 6).

Кроме биохимических исследований, Ю. Венцель (Wenzel) из Анатомического института Берлинского университета имени Гумбольдта провел электронно-микроскопические морфометрические измерения при таких же поведенческих экспериментах. Все результаты схематически представлены на рис. 7. Сверху — временны́е показатели сохранения (воспроизводимость приобретенной формы поведения) предположительно промежуточной и долговременной памяти и градиент вызываемой ЭШ амнезии, полученные в исследованиях Отта. Ниже приведены результаты, представляющие, по нашему мнению, корреляты промежуточной памяти: наступающий уже во время обучения прирост количества выявляемых электронно-микроскопически синаптических структур и величина поверхности их постсинаптических утолщений в гиппокампе, а также прирост медленной ритмической активности 7—9 кол/с в этой же структуре. Относительно функциональной роли этих перестроек еще нельзя дать окончательных заключений, они являются предметом дальнейших экспериментальных исследований. Ниже приведены общие результаты микроавторадиографических исследований: во время и непосредственно после обучения наблюдается изменение включения меченных тритием предшественников как в РНК, так и в белки гиппокампа. Обращает на себя внимание, что вслед за первой фазой умеренного синтеза макромолекул после кратковременной фазы покоя наступает новый подъем скорости синтеза, приходящийся на такую временну́ю точку, когда животные уже давно спокойно сидят в клетках вивария. Как показывает следующая строка, эти результаты подтверждаются радиохимическими исследованиями синтеза белка. Кроме того, они свидетельствуют, что первая фаза усиленной активности обнаруживается в растворимых белках, в то время как вторая обусловлена преимущественно мембранно-связанными белками.

Важное указание на природу вновь образованных белков дало использование фукозы, меченной по тритию. Этот углевод встраивается в качестве концевой группы в сахарные компоненты многих гликопротеидов. Из-за своего незначительного распада в мозге этот сахар по методическим соображениям очень удобен для меток.

Как показывает последняя строка рис. 7, динамика образования гликопротеида соответствует общему ходу синтеза белка, включение фукозы после процесса обучения возрастает и имеет двухфазный характер.

После этих согласующихся результатов, которые и в остальном соответствовали временны́м параметрам поведения, у нас все же оставались сомнения в усилении макромолекулярного синтеза именно после процесса обучения, так как значительные количественные сдвиги были установлены и в активном контроле, испытывавшем такую же сенсорную и моторную нагрузку, как и опытные животные. Принимая во внимание сложность контроля, мы весьма критично относились к нашим результатам и постарались получить подтверждение обнаруженных закономерностей в других экспериментах.

Были поставлены специальные опыты по усилению ритмической активности в гиппокампе. Мы вызывали подобную активацию не процессом обучения, а путем электрической стимуляции особой мозговой структуры — перегородки. Она

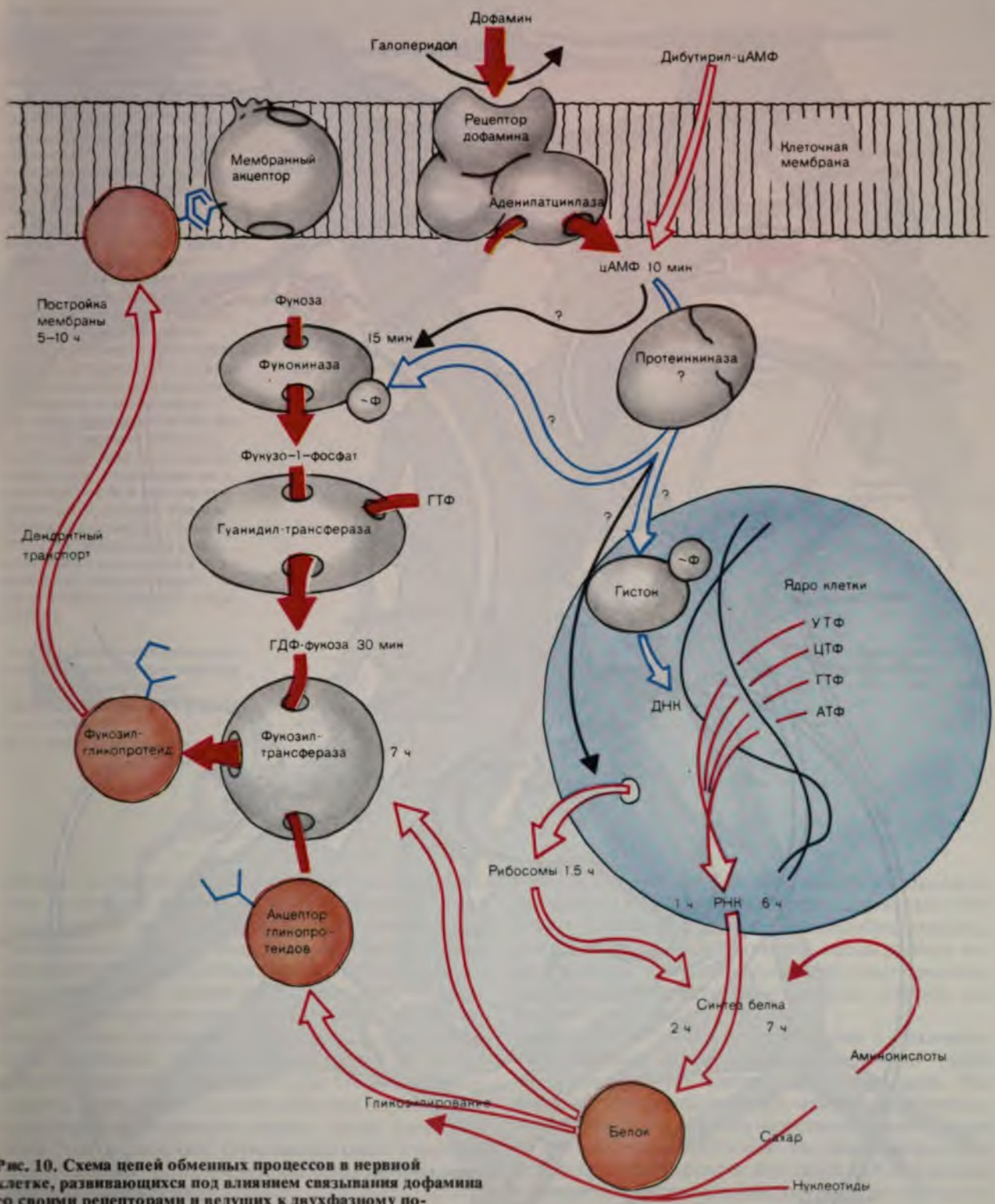
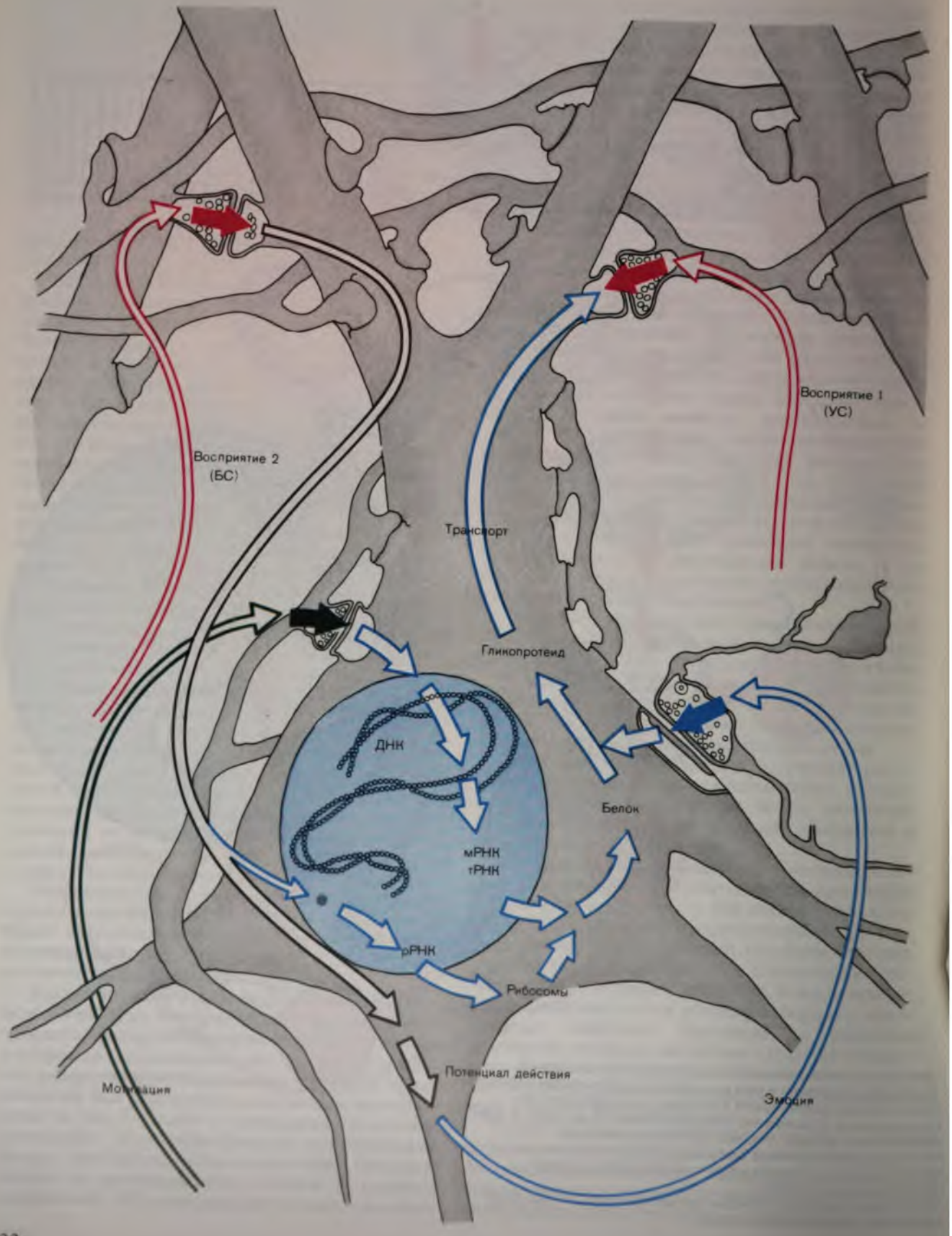


Рис. 10. Схема цепей обменных процессов в нервной клетке, развивающихся под влиянием связывания дофамина со своими рецепторами и ведущих к двухфазному повышению образования гликопротеидов. Одна фаза — правая цепь, вторая — левая. Два ряда процессов, встречаясь, приводят к образованию гликопротеида. Этот белок, достигая клеточной мембраны, меняет ее состав и свойства.
Знаком вопроса отмечены предполагаемые, но еще строго не установленные звенья


Восприятие 2
(БС)
Восприятие 1
(УС)
Транспорт
Гликопротеид
ДНК
мРНК
тРНК
рРНК
Белок
Рибосомы
Потенциал действия
Мотивация
Эмоция

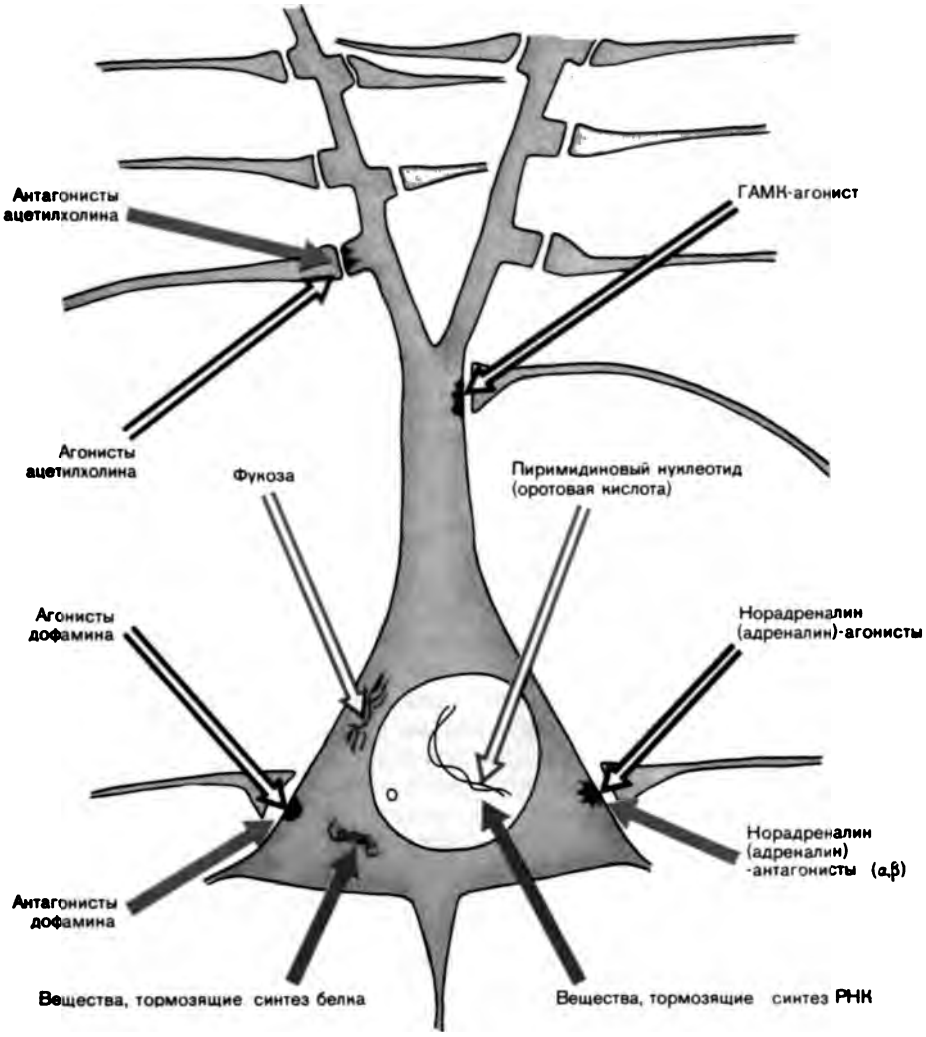


Рис. 11. Клеточная модель образования следа памяти. После активации синапса (условный стимул, УС) возникает кратковременная локальная фасилитация, которая усиливается за счет активации другого синапса (безусловный стимул, БС) и некоторых других факторов. Одновременно активация клетки неспецифически стимулирует синтез РНК и белка. Определенную роль в этом, вероятно, играет и влияние «мотивационного» входа. Эмоциональные реакции индуцируют усиление синтеза гликопротеидов. Гликопротеиды транспортируются в дендриты. Их встраивание в постсинаптические мембраны стабилизирует до этого кратковременно фасилитированные синапсы, благодаря чему достигается длительное повышение их проводимости и распространение возбуждения при повторной активации синапса УС. Это упрощенная схема клеточных изменений в нервной сети, которые образуют основу сложного следа памяти

Рис. 12. Внутринейрональное действие различных веществ на образование следов памяти (дополнение к рис. 11)
I — усиление
II — торможение

связана с гиппокампом содержащими ацетилхолин нервными волокнами и окончаниями, через которые он может побуждаться к ритмической активности. После раздражений, которые по механизму едва ли совпадают с выработкой реакции зрительной дифференцировки, мы определяли белковый синтез и образование гликопротеидов. Такая активация гиппокампа сопровождалась усилением синтеза белка (рис. 8 и 9), но образование гликопротеидов при этом не наблюдалось. Таким образом, повышенное образование гликопротеидов можно считать более характерным для перестроек функциональных структур при развитии долговременной памяти, чем первичный синтез белка.

□

Теперь мы поставим два вопроса: что вызывает (индуцирует) синтез белков и гликопротеидов и какие макромолекулы при этом образуются? Мы решили исследовать оба этих вопроса в надежде, что ответы на них дополнят друг друга. Для того чтобы детально выяснить природу образующихся макромолекул, представлялось необходимым исследовать их как с помощью известных хроматографических и электрофоретических методов, так и привлекая новые методы.

Исходя из общих представлений о механизме консолидации следа памяти, следовало найти непосредственную причину этих процессов. Мы исходили из предположения, что синтез макромолекул может индуцироваться синаптической передачей в процессе обучения. Но какие медиаторы могли бы индуцировать эти синтезы? Поскольку электрическая стимуляция содержащих ацетилхолин волокон перегородки не вызывала повышения образования гликопротеидов, о чем было сказано выше, ацетилхолин, как возможный индуктор, был исключен. В специальной серии опытов мы сразу после обучения вводили в гиппокамп фармакологический препарат апомор-

фин, действующий подобно одному из медиаторов — дофамину. Нам удалось наблюдать, что выработанные реакции лучше сохранялись. Наряду с этим апоморфин вызывал медленную ритмическую активность и повышал синтез гликопротеидов *in vivo*. Это побудило нас исследовать влияние данного вещества не только в опытах на животных в рамках поведенческого эксперимента, но и на срезах гиппокампа в опытах *in vitro*. Если повышение синтеза гликопротеидов представляет собой клеточный ответ на реакцию с дофамином, оно должно наблюдаться и в упрощенных условиях, предоставляющих методическую возможность для более точных определений. И в самом деле, как физиологический медиатор дофамин, так и апоморфин усиливали включение фукозы в гликопротеиды, тогда как многочисленные другие нейромедиаторы, даже химически очень близкий норадреналин, оказались в этом отношении неэффективными.

В других экспериментах удалось установить, что дофамин в гиппокампе и некоторых других мозговых структурах путем активирования фермента аденилатциклазы приводит к увеличению образования ц-АМФ (циклического аденозинмонофосфата), что и было обнаружено на срезах мозга. Исходя из этого мы смогли путем добавления проникающего через мембрану производного ц-АМФ дибутирил-ц-АМФ непосредственно повысить синтез гликопротеидов в срезах гиппокампа. На этом факте основывалось представление о первом участке регуляции (рис. 10).

Из этого в значительной степени упрощенного описания только первого участка регуляции видно, насколько сложны изучаемые процессы. В настоящей статье мы не имеем возможности остановиться подробно и с должной детализацией на всех известных к настоящему времени стадиях синтеза. Можем лишь отослать читателя к рис. 10, предупредив его, что и схема и ее описание также, естественно, упрощены. Для более глубокого понимания, конечно, необходимы специальные знания. Здесь мы можем лишь констатировать, что с помощью специальных методических приемов удалось вскрыть многие, хотя и не все, детали этого процесса. Это позволяет выдвинуть гипотетическую функциональную модель образования временной связи (рис. 11). В упрощенном виде ее можно представить так.

На интегрирующем или ассоциативном нейроне имеются по меньшей мере 4 входа, которые должны взаимодействовать при образовании временной связи. Через дендритный вход (восприятие 1) импульсные залпы как условный сигнал вызывают высвобождение возбуждающего нейромедиатора, например глутамата. Так как синапс еще не «проводим», это приводит только к локальным постсинаптическим потенциалам. Одновременно может наступать кратковременное облегчение (фасилитация) проводимости синапса за счет ряда специальных процессов. Если во время такой фасилитации активируется «восприятие 2» (безусловный сигнал), это приводит к удлинению процесса на условном входе и одновременно усиливается синтез одного из предшественников РНК. Этому может способствовать нейрональная стимуляция, вызываемая мотивационными воздействиями и неспецифическим повышением уровня активности. Одновременно сказывается совпадение условного и безусловного сигналов в связи с оценкой успеха действия как существенного для снижения мотивационного напряжения, что приводит к стимуляции системы вознаграждения путем активации структур, медиатором которых является дофамин или другие амины. Образовавшиеся гликопротеиды транспортируются в дендритные отростки и включаются в постсинаптические мембраны только тех синапсов, которые уже оказались «маркированными» предшествующей фасилитацией. Благодаря гликопротеидам наступает стабилизация фасилитированных состояний — след памяти становится перманентным.

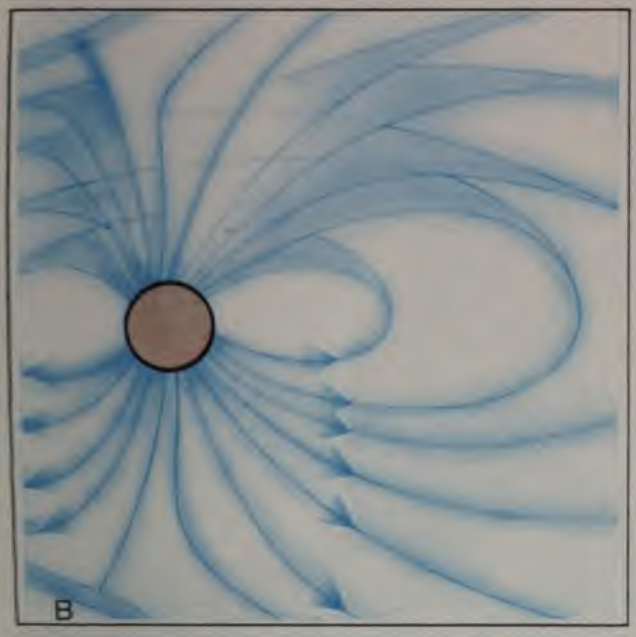
Естественно, эти процессы осуществляются в многочисленных синапсах в нервной сети соответственно многообразию накопления сложной информации. Так или подобным образом на основе сегодняшних знаний, в том числе и наших собственных результатов, возможно, осуществляется консолидация следа памяти. Эта модель, по нашему мнению, — первая модель такого рода, где нейрофизиологические события через процессы на системном уровне связываются с процессами клеточно-молекулярного уровня. Ни одна химическая связь, ни одна единственная клетка сами по себе не являются носителями сложной информации, соответствующей приобретенной форме поведения. Они — лишь инструменты возникновения новых топологических отношений в нервной сети и, следовательно, новых пространственно-временных связей как материальных носителей информационных процессов.

Наши исследования имеют еще один аспект. Мы установили, например, что лимитирующие звенья нейрональных регулирующих процессов также могут ограничивать консолидацию долговременной памяти и приводить к недостаточному сохранению следа памяти. Так, накопление пиримидиновых нуклеотидов, которые необходимы как для синтеза РНК, так и для активации сахарных компонентов образования гликопротеидов, также может быть лимитирующим фактором. Путем введения извне предшественников РНК, например, пиримидиновых нуклеотидов или оротовой кислоты, это ограничение может быть преодолено и достигнуто улучшение долговременной памяти. Исследования в этом направлении, может быть, открывают новые пути для воздействия на болезненные нарушения функций мозга.

ВСЕЛЕННАЯ

**Вселенную нельзя низводить
до уровня человеческого разумения...
но следует расширять и развивать
человеческое разумение,
дабы воспринимать образ вселенной
по мере ее открытия.**

Бэкон



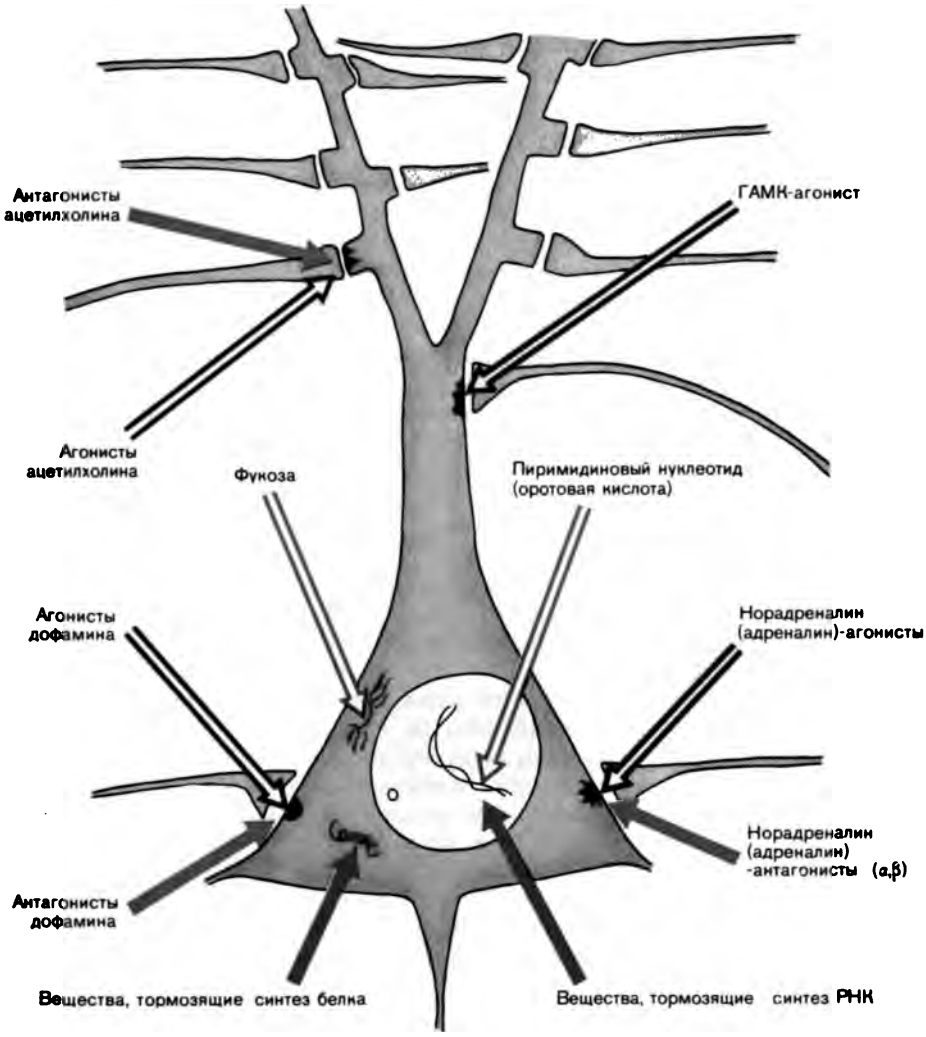
Ф. МЕЛЬКИОРРИ,
Б. ОЛИВО-МЕЛЬКИОРРИ
Экспериментальная
проверка
космологических
теорий

П. ТРЖИСКА
Эксперимент
«Магион»

Ж. ГУРРАГЧА,
О. БААСАНСУРЭН
Космические
исследования
в Монголии

Рис. 11. Клеточная модель образования следа памяти. После активации синапса (условный стимул, УС) возникает кратковременная локальная фасилитация, которая усиливается за счет активации другого синапса (безусловный стимул, БС) и некоторых других факторов. Одновременно активация клетки неспецифически стимулирует синтез РНК и белка. Определенную роль в этом, вероятно, играет и влияние «мотивационного» входа. Эмоциональные реакции индуцируют усиление синтеза гликопротеидов. Гликопротеиды транспортируются в дендриты. Их встраивание в постсинаптические мембраны стабилизирует до этого кратковременно фасилитированные синапсы, благодаря чему достигается длительное повышение их проводимости и распространение возбуждения при повторной активации синапса УС. Это упрощенная схема клеточных изменений в нервной сети, которые образуют основу сложного следа памяти

Рис. 12. Внутринейрональное действие различных веществ на образование следов памяти (дополнение к рис. 11)
I — усиление
II — торможение



связана с гиппокампом содержащими ацетилхолин нервными волокнами и окончаниями, через которые он может побуждаться к ритмической активности. После раздражений, которые по механизму едва ли совпадают с выработкой реакции зрительной дифференцировки, мы определяли белковый синтез и образование гликопротеидов. Такая активация гиппокампа сопровождалась усилением синтеза белка (рис. 8 и 9), но образование гликопротеидов при этом не наблюдалось. Таким образом, повышенное образование гликопротеидов можно считать более характерным для перестроек функциональных структур при развитии долговременной памяти, чем первичный синтез белка.

□

Теперь мы поставим два вопроса: что вызывает (индуцирует) синтез белков и гликопротеидов и какие макромолекулы при этом образуются? Мы решили исследовать оба этих вопроса в надежде, что ответы на них дополнят друг друга. Для того чтобы детально выяснить природу образующихся макромолекул, представлялось необходимым исследовать их как с помощью известных хроматографических и электрофоретических методов, так и привлекая новые методы.

Исходя из общих представлений о механизме консолидации следа памяти, следовало найти непосредственную причину этих процессов. Мы исходили из предположения, что синтез макромолекул может индуцироваться синаптической передачей в процессе обучения. Но какие медиаторы могли бы индуцировать эти синтезы? Поскольку электрическая стимуляция содержащих ацетилхолин волокон перегородки не вызывала повышения образования гликопротеидов, о чем было сказано выше, ацетилхолин, как возможный индуктор, был исключен. В специальной серии опытов мы сразу после обучения вводили в гиппокамп фармакологический препарат апомор-

Франческо МЕЛЬКИОРРИ (Melchiorri) (р. 1940) — итальянский астрофизик и космолог, профессор, сотрудник Института физики имени Г. Маркони Римского университета.

В 1963 окончил Римский университет. Затем работал в университете в Бари. В 1968 защитил докторскую диссертацию по физике (университет во Флоренции).

В 1970 Ф. Мелькиорри с небольшой группой специалистов, в которую входила Б. Оливо-Мелькиорри, приступил во Флоренции к исследованию фонового космического излучения. Группе, в частности, удалось оценить верхний предел интенсивности этого излучения в миллиметровом диапазоне и показать, что оно планковского характера.

Были проведены исследования анизотропии фонового космического излучения в различных угловых масштабах, а также его поляризации. В 1979 группа объявила об открытии дипольной анизотропии. В 1980 результат был подтвержден другими исследователями.

С 1980 Ф. Мелькиорри руководит кафедрой общей физики и группой по наблюдательной космологии Римского университета.

Автор более 70 научных работ.

Бьянка ОЛИВО-МЕЛЬКИОРРИ (Olivo - Melchiorri) (р. 1940) — итальянский астрофизик и космолог, сотрудница Института физики во Флоренции и Института физики атмосферы Национального исследовательского центра, член Итальянского физического и Итальянского астрономического обществ.

В 1964 окончила Римский университет. Затем работала в университете в Бари. С 1968 в университете во Флоренции занималась инфракрасной астрономией. Участвовала в баллонных экспериментах по исследованию фонового космического излучения.

В настоящее время работает в Римском университете в группе по наблюдательной космологии. Она участвует в разработке проекта 3-метрового баллонного телескопа.

Автор более 50 научных работ.

Франческо МЕЛЬКИОРРИ,
Бьянка ОЛИВО-МЕЛЬКИОРРИ

Экспериментальная проверка космологических теорий

Среди различных космологических теорий, предлагавшихся на протяжении веков, сегодня наибольшее внимание привлекает так называемая теория «большого взрыва»*, которая была сформулирована к 50-м гг. физиком русского происхождения Г. Гамовым в трех коротких статьях (почти заметках), опубликованных в «*Physical Review*» — одном из наиболее авторитетных журналов американской физической науки. Популярность этой теории связана с тем, что некоторые ее предсказания подтвердились экспериментально: впервые в истории человечества космология смогла стать наблюдательной наукой, не ограничивающейся одними философскими рассуждениями, которые невозможно проверить.

Наиболее сенсационным из них нам сейчас представляется предсказание существования фонового космического, так называемого реликтового излучения с температурой около 3 К — «ископаемого» остатка «необъятного первичного света», возникшего на ранних стадиях расширения Вселенной. В 70-е гг. космологи осознали, что сведения, которые можно получить, анализируя спектр и угловое распределение по небу реликтового излучения, обладают громадной ценностью. Теперь мы знаем, что открытие американцев А. Пензиаса *(Penzias)* и Р. Вильсона *(Wilson)* на их радиотелескопе по значению сродни открытиям Галилео Галилея на его рефракторе. Простой телескоп Галилея позволил человеку бросить первый взгляд в ближний космос, положив начало исследованиям структур, которые его заселяют: планет, звезд, галактик; радиотелескоп Пензиаса и Вильсона можно так же считать достаточно элементарным прибором — первым из первого поколения быстро совершенствующихся «изотропометров», который приоткрыл завесу над совершенно иным универсумом, далеким и древним, где еще не родились структуры. Этот эмбрион Вселенной заключал в себе генетический код, определявший историю космоса на протяжении 20 млрд. лет вплоть до нашего времени. Фоновое космическое излучение позволяет нам составить хоть какое-то представление, возможно, очень неточное, о том, что происходило на начальных стадиях развития мира. Это излучение дает нам возможность заглянуть в историю «первичной» Вселенной, открывает путь для плодотворных «археологических» исследований: подобно палеонтологу, который анализирует геологические пласты в поисках характеризующих их прошлое ископаемых остатков, космолог сегодня выявляет последовательность пройденных космосом стадий, исследуя спектр и анизотропию* фонового излучения.

Однако на пути реализации этих фантастических возможностей стоят огромные технические трудности, возникающие как в теории, так и при экспериментальных исследованиях. Теория большого взрыва в любом случае представляет собой всего лишь грубое приближение того, что фактически происходило в «начале времен». Стремясь создать математическое описание космоса, максимально адекватное действительности, мы наталкиваемся на чудовищное препятствие, связанное с решением уравнений гравитации А. Эйнштейна. Теоретическая космология сегодня напоминает стремительную погоню за все более сложными моделями Вселенной. В противоположность этому прогресс в наблюдениях выглядит безнадежно замедленным, а исчезающе

---

* Более распространенное название этой теории — «горячая» модель Вселенной. Согласно этой модели Вселенная в прошлом имела высокую плотность и температуру вещества и излучения. См. также статью *Я. Б. Зельдовича* «Горячая» модель Вселенной и теория Фридмана» в ежегоднике «Наука и человечество. 1967». — *Ред.*

Статья из итальянского ежегодника «Наука и техника», с которым у нас продолжается обмен материалами. — *Ред.*
© 1982. Arnoldo Mondadory Editore, Milano. Annuario «Scienza e Tecnica».

* Многие модели Вселенной основаны на предположении, что вещество во Вселенной в больших масштабах распределено одинаково (однородность), а свойства пространства одинаковы по всем направлениям (изотропность). — *Ред.*

малая анизотропия фонового излучения для ее обнаружения требует предельно высокой чувствительности.

Мы имеем дело с температурой всего в 3 К, поэтому и искомые эффекты принципиально другого уровня, чем при высоких температурах. К 1970 г. чувствительность детекторов, использовавшихся в подобных исследованиях, достигла сотых долей градуса; к середине 70-х гг. — тысячных; сегодня в инфракрасном диапазоне мы уже приближаемся к стотысячным долям. Но оказывается и этого мало: космологи считают, что фоновое излучение откроет шкатулку своих несравненных сокровищ только тому, кто первым достигнет порога миллионной доли градуса — всего несколько лет назад совершенно невероятная величина, однако, по-видимому, реальная для современных детекторов.

Сложившаяся ситуация не позволяет представить более или менее полно положение дел в данной области. Мы обрисовали лишь контуры некоторых основных направлений, по которым ведет поиск новое поколение археологов космоса.

Дипольная анизотропия

В 1968 г. один из первых исследователей и наблюдателей фонового космического излучения профессор Принстонского университета Д. Вилькинсон *(Wilkinson)* совершенно справедливо заметил, что Земля и Солнечная система движутся относительно «первичной» Вселенной. Следовательно, и при наблюдении фонового излучения можно ожидать доплеровских эффектов: температура должна несколько увеличиваться при измерениях в направлении движения и аналогичным образом уменьшаться, если изменить направление на обратное (дипольная анизотропия). Эффект оценивается примерно в тысячные доли градуса Кельвина. Стало быть, распределение фонового излучения по небу неизотропно: оно подчиняется закону тригонометрического косинуса. Другой космолог Принстонского университета Дж. Пиблс *(Peebles)* бросил клич: найти «большой косинус в небе». Вначале идею этих ученых приняли как простой курьез, считалось, что в лучшем случае она может дать дополнительное доказательство космологической природы фонового излучения. Однако вскоре стало ясно, что подобные наблюдения, возможно, позволят проверить наиболее фундаментальный во всей космологии так называемый космологический принцип.

Основополагающая идея принципа целиком содержится в первоначальном значении слова «космос»: его перевод с древнегреческого — «порядок». Иначе говоря, мы считаем, что Вселенная, по крайней мере в больших масштабах, исключительно «одинакова», или, как говорят космологи, изотропна и однородна. Она, конечно, неизотропна и неоднородна в масштабах планетной или даже звездной системы. Более того, анизотропию и неоднородность мы обнаруживаем в масштабах галактик. Однако многие космологи считают, что на уровне скоплений галактик или гипотетических «суперскоплений» изотропия и однородность должны «царствовать» обязательно.

О чем же все-таки идет речь: однородность реальна или это иллюзия, порожденная трудностями измерений? С теоретической точки зрения значение космологического принципа огромно: аналитическое решение уравнений гравитации, полученное в начале века А. А. Фридманом, возможно только в предположении изотропии и однородности. И дело не только в этом. Космологический принцип предполагает определенную «регулярность», что позволяет ввести универсальное время: течение времени в нашей Галактике может быть синхронизировано с показаниями часов наблюдателя в любой другой галактике, находящейся на любом расстоянии от нас. Если же космологический принцип не верен и скопления галактик движутся в пространстве беспорядочно, релятивистские эффекты нарушают временны́е связи и универсального времени больше не существует. В этом случае вообще нельзя написать «историю» космоса, поскольку наша «хронология» становится чисто иллюзорной и имеет смысл лишь в нашем «временно́м районе». С точки́ зрения философской и эстетической идея Вселенной, стремящейся к хаосу и временно́му беспорядку, должна ужасать нас.

Существование фонового космического излучения дает возможность непосредственно проверить космологический принцип. Для пояснения прибегнем к аналогии: галактики можно сравнить с островами, которые, континентальный дрейф отделил от материка в далеком прошлом Земли. Галактики оторвались от «магмы» первичного континента Вселенной в далекую эпоху ее большой плотности. Скорость Земли должна быть одной и той же относительно и галактик, и «первичной» Вселенной в том смысле, как скорость корабля одинакова относительно острова Сицилия и полуострова Калабрия на материке. Вообще говоря, космологический принцип предполагает идеальную непрерывную преемственность между «первичной» материей, сконцентрированной в необъятном «первородном солнце» (оно-то и было источником фонового излучения), и структурами, которые «соблюдают и гарантируют» сегодняшнюю «одинаковость» космоса. Совпадение скорости Земли относительно двух точек отсчета есть доказательство действенности космологического принципа.

Начиная с 1978 г. дипольная анизотропия изучалась тремя исследовательскими группами. Первая из них — группа Д. Вилькинсона — прово-

дила измерения в радиодиапазоне, группа Дж. Смута (*Smoot*, Калифорнийский университет в Беркли) наблюдала волны той же длины и, наконец, группа Ф. Мелькиорри работала в инфракрасной области спектра. Отличное совпадение экспериментальных результатов убеждает в их достоверности. Неожиданным в результатах было то, что Земля, а следовательно, и наша Галактика, движется относительно «первичной» Вселенной со скоростью, существенно отличной от наблюдаемой при исследованиях скоплений галактик.

Удивление космологов было велико. И это понятно. Представьте себе, что капитан корабля вдруг обнаружил, что скорости его судна относительно материка и острова различны. Если измерения точны, то из них логически вытекает, что острова, т. е. тысячи галактик, включающих значительную долю всей наблюдаемой Вселенной, движутся, путешествуют ныне с большей скоростью относительно «первичной» Вселенной. Как могла повыситься эта скорость после того, как галактики мягко «отчалили» от «первичной» Вселенной «в начале времен»? Какая чудовищная сила могла быть причиной этого движения? Мы пришли к следующей гипотезе: на огромном расстоянии от нас, вне пределов видимости наших самых мощных телескопов, существует громадный сгусток материи, который притягивает к себе (гравитационно) нашу Галактику и ее соседок.

Если это так, то «одинаковость» космоса оказывается расчлененной, а космологический принцип нарушенным. Создается впечатление, что и другие недавние наблюдения заставляют нас принять этот вывод. При исследованиях распределения по небу рентгеновского излучения как будто бы обнаруживается приливной эффект у квазаров, связанный с огромной неоднородностью*.

Если Вселенная неоднородна в настоящее время, то таковой она должна была быть и в прошлом, а признаки ее минувшего «уродства» должны были быть «сфотографированы» фоновым излучением. Эти удивительные результаты охоты за дипольной анизотропией заставили нас, естественно, искать новые типы анизотропии, для того чтобы еще раз попытаться построить модель, адекватную Вселенной, сегодняшние нерегулярности которой есть по сути дела плод древнего семени, проросшего 20 млрд. лет назад.

* Как показывают новейшие исследования, практически вся «видимая материя» во Вселенной (имеются в виду галактики и их скопления) «собрана» в сетчатую или губчатую структуру, ячейки которой имеют в 30—50 раз большие размеры, чем сверхскопления; в масштабах, больших размера такой ячейки, распределение вещества, видимо, все-таки однородно и изотропно; см. ниже: «Ранняя эволюция Вселенной и ее современная структура» («Летопись науки», «Астрономия»). — *Ред.*

Квадрупольная анизотропия

Простейшую модель анизотропной Вселенной можно представить, так сказать, в форме тыквы: по одному направлению расширение идет более быстро, чем по другим. Вдоль этого направления фоновое излучение должно быть существенно более «холодным». Итак, данная анизотропия (ее называют квадрупольной), характеризуется углом в 90°, тогда как у дипольной анизотропии он равен 180°.

В теоретической космологии существует поразительный результат: оказывается, что многие анизотропные модели Вселенной, в том числе и гораздо более сложные, чем упоминавшаяся «тыквенная», в конце концов сводятся к квадрупольной анизотропии. Так, Вселенная, обладающая какой-либо одной неоднородностью и однородная во всех других отношениях, имеет анизотропию, очень схожую с квадрупольной. Короче, квадрупольная анизотропия — первый признак «первородного уродства» Вселенной.

Таким образом, в конце 70-х гг. к охоте за «большим косинусом» добавилась охота за квадрупольным эффектом — самым страшным из всех врагов космологического принципа начиная со времени, когда греки постулировали единство мира.

Наибольшая трудность при подобных измерениях связана с присутствием нашей Галактики. Если мы посмотрим на небо в безлунную ночь, мы увидим Млечный путь — проекцию плоскости нашей Галактики. Повернувшись вокруг себя на 180°, наш взгляд снова встретит Млечный путь, идущий через все небо от горизонта до горизонта. В радио- или инфракрасных детекторах, используемых для исследования фонового излучения, сигналы Галактики вполне достоверно имитируют квадрупольную анизотропию. Кстати, этим объясняется частое появление в последнее десятилетие псевдооткрытий и их последующих опровержений. В 1980 г. группы Ф. Мелькиорри и Д. Вилькинсона заявили, что им удалось пронаблюдать квадрупольные эффекты. Наиболее сильная сторона проведенных измерений — согласованность полученных данных по направлению и величине. Тем не менее, помня об эффектах, связанных с нашей Галактикой, при интерпретации результатов необходимо проявить максимальную осторожность. Если эти результаты подтвердят другие исследователи, то небольшой фрагмент неизвестной нам мозаики займет подобающее ему место. В итоге мы сможем отделить «местную» дипольную анизотропию (свидетельствующую о движении нашей Галактики относительно далеких галактик) от космологической (непосредственно связанной с «первородным уродством», на которое нам указывают квадрупольные эффекты).

Франческо МЕЛЬКИОРРИ (Melchiorri) (р. 1940) — итальянский астрофизик и космолог, профессор, сотрудник Института физики имени Г. Маркони Римского университета.

В 1963 окончил Римский университет. Затем работал в университете в Бари. В 1968 защитил докторскую диссертацию по физике (университет во Флоренции).

В 1970 Ф. Мелькиорри с небольшой группой специалистов, в которую входила Б. Оливо-Мелькиорри, приступил во Флоренции к исследованию фонового космического излучения. Группе, в частности, удалось оценить верхний предел интенсивности этого излучения в миллиметровом диапазоне и показать, что оно планковского характера.

Были проведены исследования анизотропии фонового космического излучения в различных угловых масштабах, а также его поляризации. В 1979 группа объявила об открытии дипольной анизотропии. В 1980 результат был подтвержден другими исследователями.

С 1980 Ф. Мелькиорри руководит кафедрой общей физики и группой по наблюдательной космологии Римского университета.

Автор более 70 научных работ.

Бьянка ОЛИВО-МЕЛЬКИОРРИ (Olivo - Melchiorri) (р. 1940) — итальянский астрофизик и космолог, сотрудница Института физики во Флоренции и Института физики атмосферы Национального исследовательского центра, член Итальянского физического и Итальянского астрономического обществ.

В 1964 окончила Римский университет. Затем работала в университете в Бари. С 1968 в университете во Флоренции занималась инфракрасной астрономией. Участвовала в баллонных экспериментах по исследованию фонового космического излучения.

В настоящее время работает в Римском университете в группе по наблюдательной космологии. Она участвует в разработке проекта 3-метрового баллонного телескопа.

Автор более 50 научных работ.

подобных измерений зависят судьбы космологических теорий; эти измерения определят и наши возможности по наблюдению начальных стадий жизни космоса.

Поляризация фонового космического излучения. Фоновое магнитное поле Вселенной

Свет, отраженный от поверхности, всегда поляризован. Подтверждение этому мы находим даже в повседневном опыте, когда пользуемся поляроидными очками. В них раздражающее воздействие солнечных лучей устраняется путем использования эффектов поляризации. Медленно вра-

Эксперимент итальянской группы по измерению дипольной анизотропии фонового космического излучения: подготовка зонда и его полет

щая очки, мы дважды за оборот увидим исчезновение и появление отраженного света. В этом эксперименте мы фактически определяем плоскость колебаний поляризованного света.

Фоновое космическое излучение, отражаясь от «первичного» вещества, должно было бы стать также поляризованным. Но если изотропия «безукоризненна», то излучение приходит со всех направлений и имеет всевозможные плоскости поляризации. Аналогичные эффекты наблюда- и тогда, когда мы имеем дело с бесчисленколичеством солнц, разбросанных по всему рассеяние происходит под всевозможными ии и, как и в случае с Солнцем (его свет ляризован), поляризация исчезает.

анизотропной же модели поляризация няется, более того, измерить анизотропию по поляризационным эффектам, возможно, гораздо проще, чем непосредственно по температуре, поскольку в земной атмосфере и, вообще говоря, в нашей Галактике поляризованное излучение не возникает.

После ряда начальных попыток, которые предъявили к ученым достаточно высокие требования, инициатива в этих исследованиях принадлежит двум итальянским группам — Ф. Мелькиорри в Риме и С. Фонти *(Fonti)* в Лечче.

На этом пути мы получаем уникальную возможность впервые обнаружить магнитный фон Вселенной. Его существование предсказывают некоторые космологические теории, первую из которых предложил сам Эйнштейн. Магнитный фон, если он существует, должен был возникнуть на начальных стадиях расширения Вселенной; он должен ориентировать спины всех частиц и вводить такую их «закрутку», которая останавливала бы коллапс самой Вселенной. Вот тут-то и могли бы осуществиться обманчивые мечты космологов о некоей пульсирующей Вселенной, не имеющей изначальных особенностей.

Магнитное поле воздействует на плоскость поляризации света, поворачивая ее по-разному у волн различной длины. Свет далеких квазаров помог нам определить верхний предел величины поля — 10^{-9} Гс. Фоновое же излучение прошло гораздо больший путь, и поэтому оно может продвинуть наши исследования гораздо дальше. В итальянском эксперименте могут быть измерены в 100 раз более слабые магнитные поля.

Обнаружение магнитного фона могло бы вызвать в космологии революцию, подобную той, которая произошла в результате открытия фонового излучения.

Выводы: их нет

Нам остается сказать, что выводов нет: исследования начаты и поле исследований огромно. Это начало новой «эры галилеевой». Как вначале Галилей, а вслед за ним Кассини долгое время обсуждали проблему колец Сатурна, разрешение которых было не по силам их приборам, так и мы сегодня спорим о квадрупольной анизотропии, не поддающейся нашим датчикам. Возможно, через несколько лет она станет частью научного багажа космолога, такой же, как сегодня кольца Сатурна для планетолога. Может быть, даже в недалеком будущем вместо одного слова «анизотропия» у нас будет целая карта «первичной» Вселенной, и нам придется придумывать названия для новых созвездий, которые образовались из протоструктур, породивших нашу Вселенную.

Павел ТРЖИСКА (Tříska) (р. 1931) — чехословацкий специалист по атмосферным и магнитосферным исследованиям, кандидат наук, старший научный сотрудник Геофизического института Чехословацкой Академии наук, председатель чехословацкой рабочей группы по космической физике (программа «Интеркосмос»), член-корреспондент Международной астронавтической академии.

В 1954 окончил электротехнический факультет Чешского высшего технического училища в Праге и приступил к работе в Геофизическом институте ЧСАН. В настоящее время он старший научный сотрудник отдела ионосферы.

П. Тржиска награжден Государственной премией имени Клемента Готвальда и совместной премией АН СССР и ЧСАН.

Павел ТРЖИСКА

Эксперимент «Магион»

Изучение Земли как планеты, ее ближайшего космического окружения и влияния Солнца и различных космических факторов на нее, несомненно, относится к главным задачам геофизики. До начала космической эры в этой области мы опирались на возможности наземных геофизических обсерваторий и теоретические предположения о физических процессах, протекающих в околоземном пространстве, в том числе во внешних слоях атмосферы. Средства космической техники (высотные ракеты, спутники, космические межпланетные зонды) качественно изменили облик ряда научных дисциплин. Прежде всего это касается геофизических исследований ионосферы, магнитосферы, внешнего электромагнитного поля Земли и физических явлений в межпланетном пространстве.

Программа, реализованная с помощью первого чехословацкого искусственного спутника Земли «Магион», — составная часть обширного круга исследований ближнего космического пространства: земной магнитосферы и ионосферы. От слов магнитосфера и ионосфера образовано название спутника.

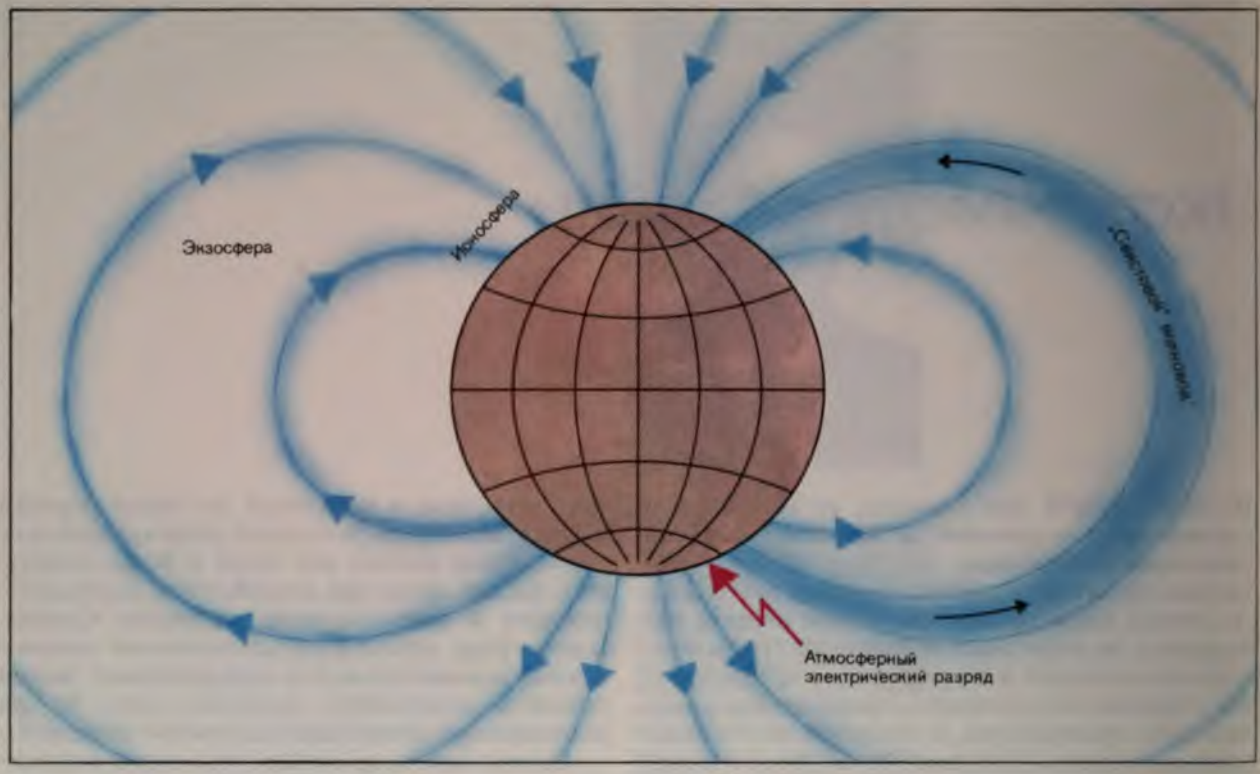
Начало изучения ионосферы — внешних слоев атмосферы Земли, характеризующихся высокой ионизацией и электропроводимостью, связано с успехами радиотехники в 20-х гг. нашего столетия. Фундаментальные исследования этой области проводились с помощью радиоволн, которые отражает ионосфера. Однако в то время никто даже не подозревал существования магнитосферы. Без преувеличения можно сказать, что она — основное открытие космической эры, касающееся Земли как планеты. Сегодня мы знаем, что в определенном смысле магнитосферу имеют многие космические тела. Она окружает все планеты, обладающие магнитным полем.

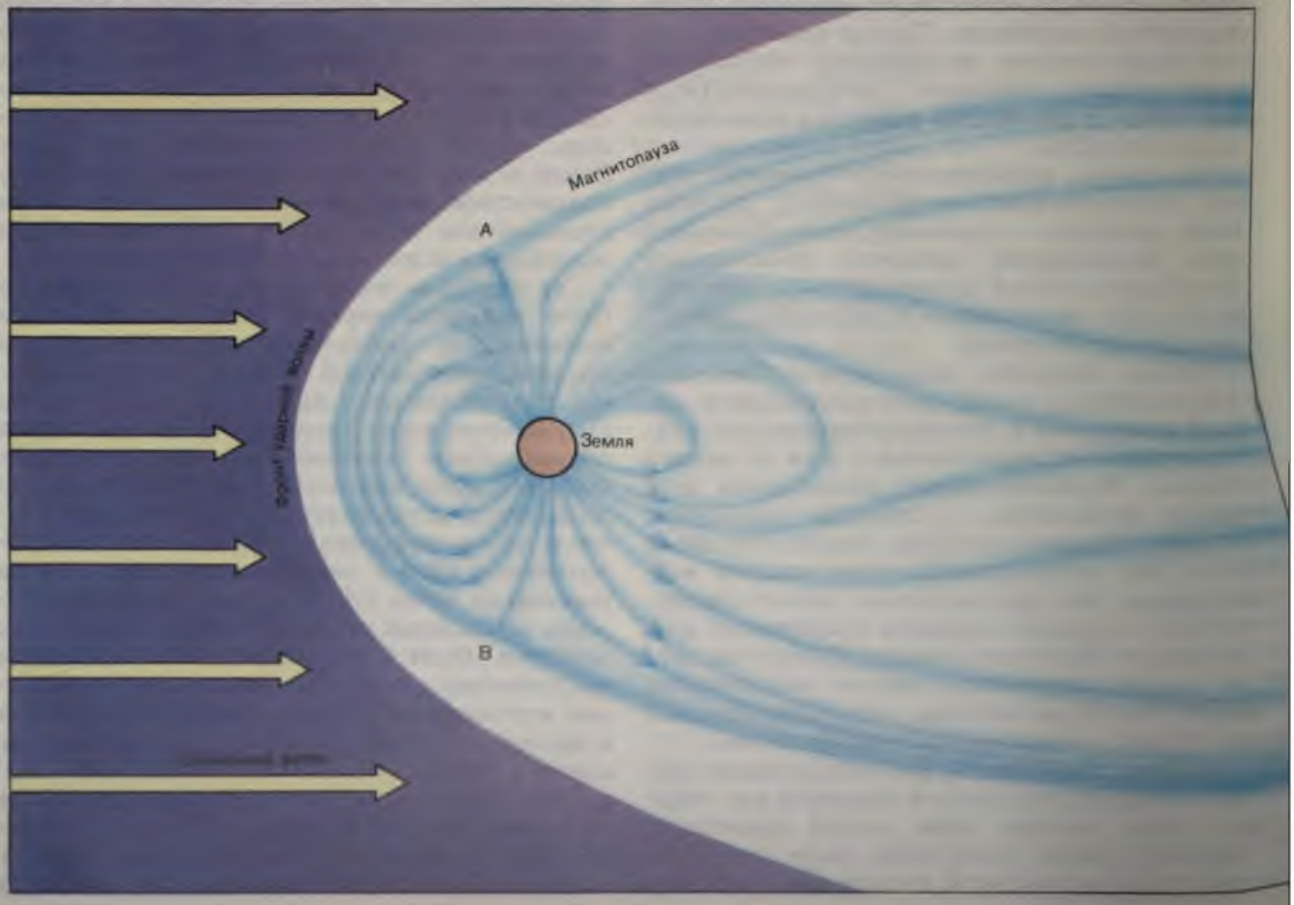
В начале космической эры использовался термин экзосфера, под которой понимали все, лежащее выше плотных слоев земной атмосферы. Попросту говоря, таких слоев было два: часть атмосферы, состоящая из атомов и молекул нейтрального газа и доходящая до высот порядка 60 км, и ионосфера, в которой разреженный газ с увеличением высоты все более и более ионизуется прежде всего под воздействием ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца. В ионосфере вероятность столкновения ионизованных положительных и отрицательных частиц (ионов и электронов) настолько мала, что их рекомбинация происходит достаточно медленно.

Однако вплоть до пятидесятых годов сохранялось представление о том, что нейтральный и ионизованный газ внешней воздушной оболочки Земли подчиняется законам барометрического равновесия и его плотность с высотой убывает очень быстро (экспоненциально). Экзосфера описывалась довольно просто: теоретически допускалось, что на достаточно большом удалении от Земли ее плотность приближается к нулю. Этому соответствовало представление о двухполюсном геомагнитном поле, свободно уходящем через экзосферу в межпланетное пространство (рис. 1).

За несколько лет до запуска первого спутника были получены первые экспериментальные и теоретические результаты, показывавшие, что прежние представления об экзосфере неправильны. Ученые пришли к выводу, что поток плазмы (заряженных частиц) солнечного происхождения вблизи орбиты Земли обладает скоростью около 400 км/с, а его плотность колеблется от единиц до десятков частиц в кубическом сантиметре. Изучение распространения очень длинных электромагнитных волн в экзосфере показало, что на расстоянии около 2,5—3 земных радиусов плотность заряженных частиц должна составлять как минимум 10^2 см$^{-3}$, что значительно больше, чем предполагала теория экспоненциального убывания плотности выше ионизационного максимума в ионосфере, который наблюдается на высотах порядка 300 км.

Уже первые измерения с помощью спутников позволили получить данные, из которых следовало, что прежняя упрощенная «экзосферная» модель очень неточна. Насколько? Это видно из


Экзосфера
Ионосфера
Атмосферный
электрический разряд


Магнитопауза
A
Земля
B

подобных измерений зависят судьбы космологических теорий; эти измерения определят и наши возможности по наблюдению начальных стадий жизни космоса.

Поляризация фонового космического излучения. Фоновое магнитное поле Вселенной

Свет, отраженный от поверхности, всегда поляризован. Подтверждение этому мы находим даже в повседневном опыте, когда пользуемся поляроидными очками. В них раздражающее воздействие солнечных лучей устраняется путем использования эффектов поляризации. Медленно вращая очки, мы дважды за оборот увидим исчезновение и появление отраженного света. В этом эксперименте мы фактически определяем плоскость колебаний поляризованного света.

Эксперимент итальянской группы по измерению дипольной анизотропии фонового космического излучения: подготовка зонда и его полет

Фоновое космическое излучение, отражаясь от «первичного» вещества, должно было бы стать также поляризованным. Но если изотропия «безукоризненна», то излучение приходит со всех направлений и имеет всевозможные плоскости поляризации. Аналогичные эффекты наблюдаются и тогда, когда мы имеем дело с бесчисленным количеством солнц, разбросанных по всему небу: рассеяние происходит под всевозможными углами и, как и в случае с Солнцем (его свет неполяризован), поляризация исчезает.

В анизотропной же модели поляризация сохраняется, более того, измерить анизотропию по поляризационным эффектам, возможно, гораздо проще, чем непосредственно по температуре, поскольку в земной атмосфере и, вообще говоря, в нашей Галактике поляризованное излучение не возникает.

После ряда начальных попыток, которые предъявили к ученым достаточно высокие требования, инициатива в этих исследованиях принадлежит двум итальянским группам — Ф. Мелькиорри в Риме и С. Фонти *(Fonti)* в Лечче.

На этом пути мы получаем уникальную возможность впервые обнаружить магнитный фон Вселенной. Его существование предсказывают некоторые космологические теории, первую из которых предложил сам Эйнштейн. Магнитный фон, если он существует, должен был возникнуть на начальных стадиях расширения Вселенной; он должен ориентировать спины всех частиц и вводить такую их «закрутку», которая останавливала бы коллапс самой Вселенной. Вот тут-то и могли бы осуществиться обманчивые мечты космологов о некоей пульсирующей Вселенной, не имеющей изначальных особенностей.

Магнитное поле воздействует на плоскость поляризации света, поворачивая ее по-разному у волн различной длины. Свет далеких квазаров помог нам определить верхний предел величины поля — 10^{-9} Гс. Фоновое же излучение прошло гораздо больший путь, и поэтому оно может продвинуть наши исследования гораздо дальше. В итальянском эксперименте могут быть измерены в 100 раз более слабые магнитные поля.

Обнаружение магнитного фона могло бы вызвать в космологии революцию, подобную той, которая произошла в результате открытия фонового излучения.

Выводы: их нет

Нам остается сказать, что выводов нет: исследования начаты и поле исследований огромно. Это начало новой «эры галилеевой». Как вначале Галилей, а вслед за ним Кассини долгое время обсуждали проблему колец Сатурна, разрешение которых было не по силам их приборам, так и мы сегодня спорим о квадрупольной анизотропии, не поддающейся нашим датчикам. Возможно, через несколько лет она станет частью научного багажа космолога, такой же, как сегодня кольца Сатурна для планетолога. Может быть, даже в недалеком будущем вместо одного слова «анизотропия» у нас будет целая карта «первичной» Вселенной, и нам придется придумывать названия для новых созвездий, которые образовались из протоструктур, породивших нашу Вселенную.

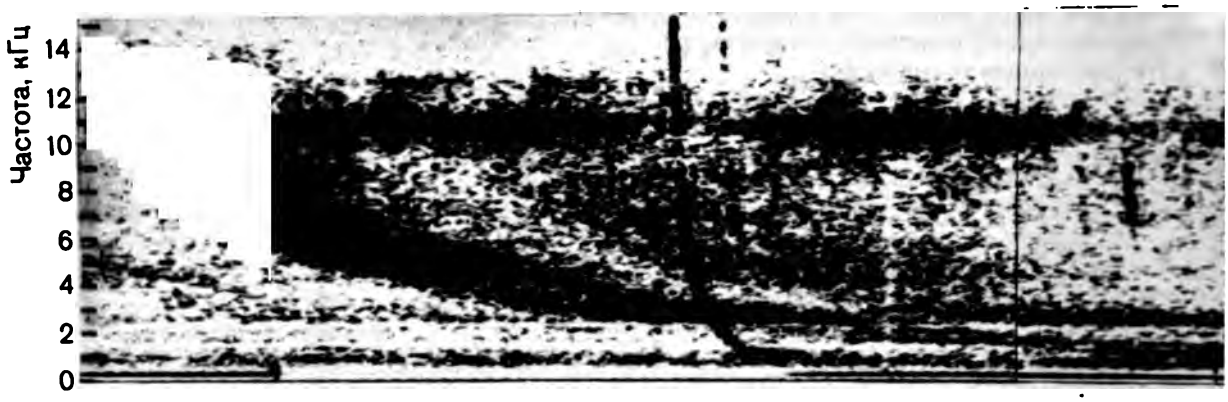


Рис. 3. Волновой спектр (спектрограмма) в диапазоне до 16 кГц, зарегистрированный спутником «Интеркосмос-3» при его прохождении над Европой на высоте 600 км. Пологая убывающая (частично «размытая») кривая — «свист», пришедший из Южного полушария; «крутая» кривая в центре — «свист», источник которого находился в области под спутником. На частоте около 11 кГц заметна естественная эмиссия околоспутниковой зоны на одной из резонансных частот плазмы

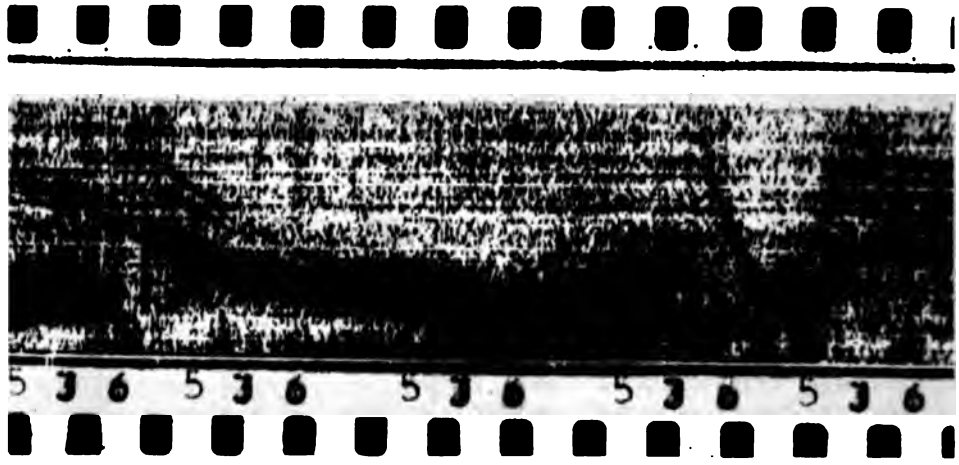


Рис. 4. Спектрограмма низкочастотного излучения, полученная спутником «Интеркосмос-14» на высоте более 1000 км в полярных широтах. Излучение такого типа возникает в магнитосфере при взаимодействии заряженных частиц и магнитного поля Земли и распространяется вдоль силовых линий вверх: оно может быть зарегистрировано только спутником, движущимся над областью ее возникновения

наблюдения на поверхности Земли могут дать лишь фрагментарную картину волновых явлений в магнитосфере.

Зато измерения с помощью спутников непосредственно в среде распространения и возникновения низкочастотного излучения дают чрезвычайно ценный научный материал (рис. 3 и 4). Данное направление исследований становится все более актуальным, а регистрация разных типов волн, электрических и магнитных полей с помощью спутников — неотъемлемой частью изучения явлений в околоземном пространстве.

К концу 1982 г. по программе «Интеркосмос» было реализовано восемь низкочастотных экспериментов на спутниках «Интеркосмос» с номерами 3, 5, 10, 13, 14, 18, 19 и «Магион». Эти эксперименты взаимоувязывались, и в них отрабатывалась методика измерения, совершенствовалась техника. Однако, исключая «Магион», они всегда были составной частью более обширной программы данного спутника; в нее могли быть включены, например, измерения потоков заряженных частиц или электронной плотности и температуры.

Различные орбиты спутников позволяли наблюдать волновые явления над разными районами: от экватора до магнитного полюса Земли. Применение различных типов приемных антенн на спутниках (рис. 5) позволило измерять магнитную и электрическую составляющие полей не только по отдельности, но и одновременно, что дало возможность разделить изучавшиеся природные явления на имеющие характер электростатического шума и электромагнитные. Зная ориентацию спутника в пространстве и одновременно измеряя обе составляющие поля, можно определить направление прихода волны и, стало быть, локализовать область, в которой она возникла.

□

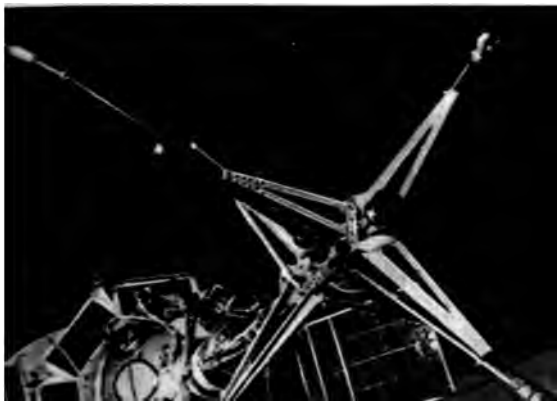
Несмотря на то, что в исследованиях околоземного пространства и физических явлений в нем достигнут существенный прогресс (благодаря со-

временным средствам космической техники), многие вопросы остались пока еще без ответов, кроме того, совершенно закономерно появились новые вопросы. Один из обширных комплексов таких вопросов связан с тем, что исследуемая среда постоянно меняется. Физические явления в ней подвержены одновременно и временны́м, и пространственным вариациям.

Спутник, перемещающийся с довольно большой скоростью, может измерить параметры среды или исследуемого явления в некоторой ограниченной области пространства в известный момент времени или же определить, как они меняются вдоль его собственной траектории, однако при этом мы не в состоянии отличить временны́е вариации от пространственных. Проблема может быть решена с помощью системы спутников, движущихся на определенных расстояниях друг от друга по одинаковым (или близким) орбитам и измеряющих одни и те же физические параметры тождественной или аналогичной аппаратурой.

Система из двух спутников, запускаемых одной ракетой-носителем, отделяющихся друг от друга на орбите и постепенно расходящихся, соответствует основным требованиям такого эксперимента и сравнительно легко реализуема с технической точки зрения. Впервые подобный проект был осуществлен при запуске спутников «Интеркосмос-18» и «Магион». Их программа была нацелена на исследование магнитосферы и взаимосвязей между магнитосферой и ионосферой.

Рис. 5. Спутник «Интеркосмос-10» во время наземных испытаний. На нем впервые по программе «Интеркосмос» для измерения электрических полей в ионосфере и магнитосфере использовались шаровидные зонды (на конце штанги). Аппаратура для этого эксперимента была разработана Геофизическим институтом ЧСАН



□

Проект «Магион» продолжил ряд низкочастотных экспериментов, проведенных по программе «Интеркосмос» на геофизических спутниках, в то́м числе для сравнения полученных на спутниках и в наземных обсерваториях результатов низкочастотных измерений. Эксперимент «Магион» был направлен на получение данных, которые бы позволили ответить на ряд вопросов, возникших в ходе этих работ: каково пространственное распределение волн, распространяющихся в виде «свистов»; в каких областях пространства можно зарегистрировать один и тот же «свист»; каковы реальные размеры «свистовых волноводов» в ионосфере и их временна́я и пространственная стабильность; как велики области, одновременно «заполняемые» определенным типом низкочастотного излучения естественного происхождения; можно ли отличить его эмиссию, возникающую вследствие взаимодействия частиц с магнитным полем «непосредственно» в окрестностях спутника, от излучения, приходящего с больших расстояний? Существуют и другие подобные проблемы, решению которых может содействовать система из двух спутников.

Основной задачей совместного полета (эксперимента «Магион») было исследование пространственно-временно́й структуры низкочастотных электромагнитных полей естественного происхождения в магнитосфере и ионосфере Земли. Оба спутника были оборудованы приборами для регистрации электрических и магнитных составляющих поля в диапазоне до 16 кГц и телеметрическими системами для передачи данных в аналоговой форме, позволяющей обрабатывать их методами спектрального анализа. Спутники измеряли также интенсивность поля на нескольких выбранных частотах с большим динамическим разрешением и интенсивность потоков заряженных частиц. Кроме того, на «Интеркосмосе-18» был установлен обширный комплекс приборов для изучения состава и других характеристик плазмы вдоль орбиты спутника.

Сопоставимость результатов, получаемых на обоих спутниках, обеспечивалась их ориентацией относительно вектора магнитного поля Земли: «Магион» имел систему магнитной стабилизации, а «Интеркосмос-18» — систему трехосной стабилизации, в том числе вдоль векторов скорости и силы земного тяготения. Поэтому расчеты позволяли достаточно точно определять ориентацию антенн и других датчиков относительно магнитного поля Земли в любой точке орбиты. Для контроля точности магнитной ориентации система солнечных панелей спутника «Магион» была установлена так, чтобы можно было определять ориентацию относительно Солнца.

«Магион» был спроектирован как составная часть научной аппаратуры спутника «Интеркосмос-18» (рис. 6, 7). Оба спутника были выведены на орбиту (407 × 768 км) одновременно одной ракетой-носителем. Как и планировалось, «Магион» отделился от «Интеркосмоса-18» и начал работать через три недели после их вывода на орбиту (это время было использовано для испытания бортовых систем «Магиона»). Отделение было осуществлено с помощью дистанционно управляемого пружинного механизма, который придал спутнику «Магион» начальную относительную скорость 0,2 м/с в направлении вектора орбитальной скорости.

«Магион» отделился от спутника «Интеркосмос-18» на 314-м витке 14 ноября 1978 г. и прекратил свое существование, войдя в плотные слои атмосферы, в ночь с 10 на 11 сентября 1981 г. (скорее всего на 16033-м витке). Спутник «Интеркосмос-18» аналогичным образом прекратил свое существование 17 марта 1981 г.

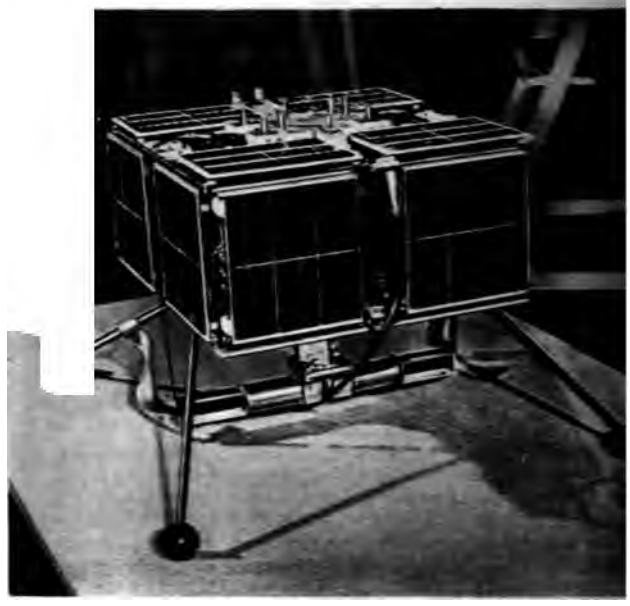
В течение всего времени функционирования на орбите управление спутником «Магион» осуществлялось наземной станцией, расположенной в ионосферной обсерватории Геофизического института ЧСАН (в 50 км севернее Праги) (рис. 8, 9).

Станция поддерживала связь со спутником «Магион» до 10 сентября 1981 г. (последний раз во время его прохождения через зону радиовидимости станции на 16028-м витке). В результате торможения в атмосфере уже на этом витке спутник снизился до высоты около 164 км над земной поверхностью. Из-за сопротивления окружающих слоев атмосферы значительно повысилась его температура. Внутренние части спутника, например химические батареи, в этот период нагрелись до 46 °С. В дальнейшем быстрая потеря высоты и повышение температуры спутника стали причиной прекращения его работы.

Первоначально запланированная продолжительность совместной работы обоих спутников определялась временем, необходимым для их взаимного удаления на 1000 км. Предполагалось, что «Магион» будет функционировать около трех недель.

Однако, как мы видели время его существования оказалось гораздо большим.

В результате несколько различных режимов торможения относительная скорость обоих спутников постепенно менялась, что привело к новой их «встрече» на орбите (с разницей в один оборот вокруг Земли) 4 апреля 1979 г. До сентября 1980 г., когда общая программа измерений была



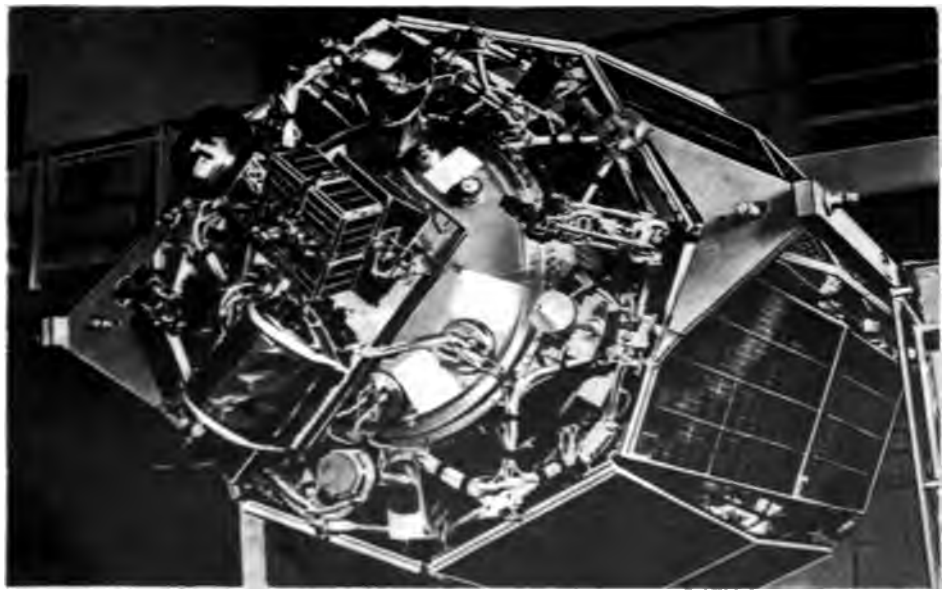


Рис. 6. Чехословацкий малый спутник «Магион»

Рис. 7. Спутник «Интеркосмос-18» с установленным на нем спутником «Магион»

сравнения рис. 1 и рис. 2, на котором показана (с нынешней точки зрения весьма упрощенно и схематично) земная магнитосфера.

Геомагнитное поле, влияющее на потоки заряженных частиц ионизованного газа, само подвергается воздействию солнечного ветра. Причем так, что пространство вблизи нашей планеты, по сути дела, оказывается разделенным на внешнюю область, где движутся частицы солнечного ветра, и внутреннюю (своего рода магнитную полость) — магнитосферу. В ней движение заряженных частиц, вообще говоря, атмосферного происхождения, в первую очередь определяется геомагнитным полем, которое «управляет» пространственным распределением ионизованного газа — плазмы.

Название магнитосферы заставляет предполагать, что она имеет сферическую форму. Однако это совсем не так. Если в направлении к Солнцу магнитосфера простирается на расстояние в 8—10 земных радиусов, то в противоположном направлении она гораздо более вытянута и выходит далеко за орбиту Луны, напоминая хвост кометы. Внешняя граница магнитосферы называется магнитопаузой — это место, где «напор» солнечного ветра уравновешивается «напором» магнитного поля Земли.

Такое описание магнитосферы дает сильно упрощенную статическую картину. В действительности ее структура значительно более сложна и изменчива. На нее влияют флуктуации солнечного ветра, ей присущи суточные вариации, связанные с тем, что оси геомагнитного поля и вращения Земли образуют угол (около 11°), и ежегодные, вызываемые обращением нашей планеты вокруг Солнца.

Магнитосфера напоминает огромную лабораторную установку, в которой взаимодействуют магнитные поля, плазма, потоки заряженных частиц и связанные с ними электрические поля, различные волны. До сих пор многие физические процессы, протекающие в магнитосфере, не удается воссоздать в земных лабораториях.

Она не только место действия, но и источник важных геофизических процессов. Например магнитное поле способно улавливать и в течение длительного времени удерживать заряженные частицы высоких энергий. В результате магнитосфера становится чем-то вроде энергетической ловушки, которая при определенных обстоятельствах может высвобождать энергию и тем самым вызывать ряд геофизических явлений (геомагнитные бури, полярные сияния), ответственных за помехи в ионосферном распространении радиоволн. Все космические факторы, воздействующие на Землю, и прежде всего солнечная деятельность, оказывают влияние на магнитосферу; она служит передаточным звеном их воздействия. Поэтому пристальное внимание к ней совершенно оправдано.

Рис. 1. Схематическое изображение магнитного поля Земли (по представлениям конца 50-х гг.). Низкочастотное излучение (его источник — атмосферные электрические разряды) в виде «свистов» распространяется вдоль замкнутых силовых линий (по «свистовому волноводу») из одного полушария в другое

Рис. 2. Строение магнитосферы Земли (в предположении, что ось магнитного поля перпендикулярна направлению Солнце — Земля). Под воздействием солнечного ветра магнитные силовые линии на дневной стороне сдавливаются, а на ночной, наоборот, сильно вытягиваются, образуя магнитосферный хвост. В нейтральных точках *A* и *B* частицы солнечного происхождения могут проникать в магнитосферу

□

Одно из наиболее важных свойств ионосферы — способность отражать электромагнитные волны. На этом основана дальняя радиосвязь, в первую очередь в коротковолновом диапазоне. Зачастую это происходит путем многократного переотражения волн ионосферой и земной поверхностью.

Ионосфера отражает волны, частота которых ниже некоторой критической (более высокочастотное излучение проходит через нее). Очень длинные волны (очень низкочастотное излучение) при определенных условиях (когда направление их распространения образует небольшой угол с направлением геомагнитного поля) могут распространяться ионосферой. В этом случае волны вдоль магнитных силовых линий идут из одного полушария в другое (см. рис. 1).

Такие пульсации («свисты») были впервые обнаружены при исследовании дисперсии спектра излучения, возникающего во время атмосферных разрядов (молний). Дисперсия, т. е. смещение во времени волн различной длины относительно друг друга, — следствие разных скоростей распространения таких волн вдоль магнитных силовых линий, удаленных на расстояние в несколько земных радиусов. Она определяется интенсивностью магнитного поля и плотностью ионизованного газа, особенно в верхней части траектории. Поэтому анализ низкочастотного излучения, которое может не только проходить через верхнюю ионосферу и магнитосферу, но и возникать там, позволяет получить ряд интересных данных об этих областях. Именно оно еще до исследований на искусственных спутниках принесло первую информацию о неожиданно высокой плотности ионизованного газа на больших расстояниях от земной поверхности.

Однако лишь некоторые типы очень длинных электромагнитных волн, распространяющихся в магнитосфере, можно регистрировать на земной поверхности. Ионосфера, особенно ее нижние наиболее плотные слои, играет роль своего рода фильтра, который воздействует на волны определенным, часто неизвестным нам образом. Некоторые волны она вообще не пропускает, поэтому

Рис. 10. Общее устройство спутника «Магион» (размеры даны в миллиметрах). *МА* **— нераскрытая магнитная антенна;** *У* **— усилитель;** *ДЧ* **— детекторы частиц;** *ПМ* **— постоянные магниты и** *МР* **— магнитная рама (вместе образуют систему магнитной стабилизации);** *СП* **— солнечные панели;** *ХБ* **— химические батареи;** *И* **— блок для измерения интенсивности потока частиц;** *УЭ* **— усилитель электрической составляющей поля;** *БЭ* **— бортовая электронная аппаратура;** *К* **— главные кабельные соединения**

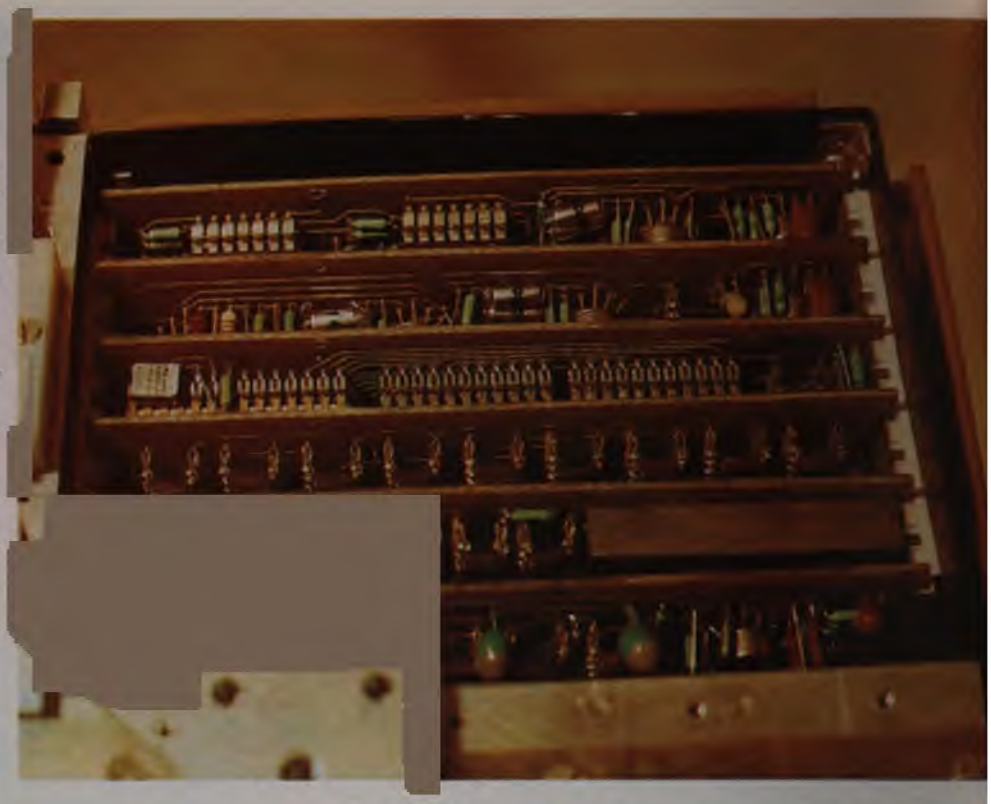
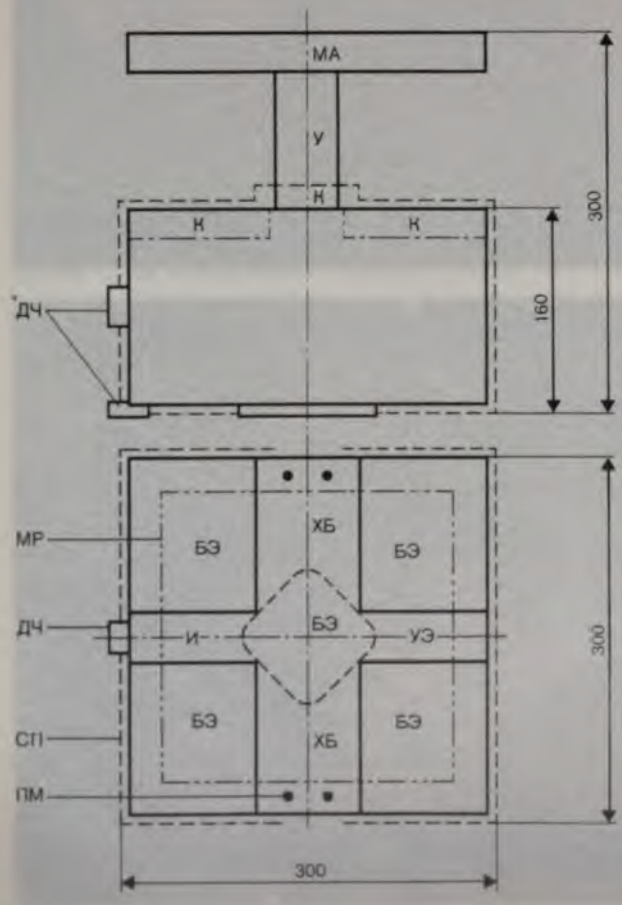


Рис. 11. Часть бортовых электронных систем спутника «Магион»



закончена, подобная ситуация взаимного сближения неоднократно повторялась.

Благодаря тому, что «Магион» действовал около трех лет, общий объем проведенных измерений значительно превысил запланированный. Даже в последнюю неделю своего существования бортовые приборы спутника «Магион» зарегистрировали на относительно небольших высотах (около 200 км) интересные данные о низкочастотной эмиссии, связанной с повышенной геомагнитной активностью в начале сентября 1981 г.

□

Помимо малого спутника «Магион», на спутнике-носителе «Интеркосмос-18» надо было разместить еще много различной аппаратуры. Поэтому с самого начала при разработке проекта «Магион» учитывался ряд ограничений, касавшихся прежде всего размеров и веса малого спутника; как следствие были ограничены мощность источников питания, размеры антенн и т. д. Однако для выполнения основных задач эксперимента необходимо было обеспечить оптимальные условия для достаточно длительной работы спутника и включить в его бортовое оборудование системы магнитной стабилизации, обеспечения температурного режима, управления, измерения контрольных технологических параметров, цифровое запоминающее устройство и, наконец, научную аппаратуру.

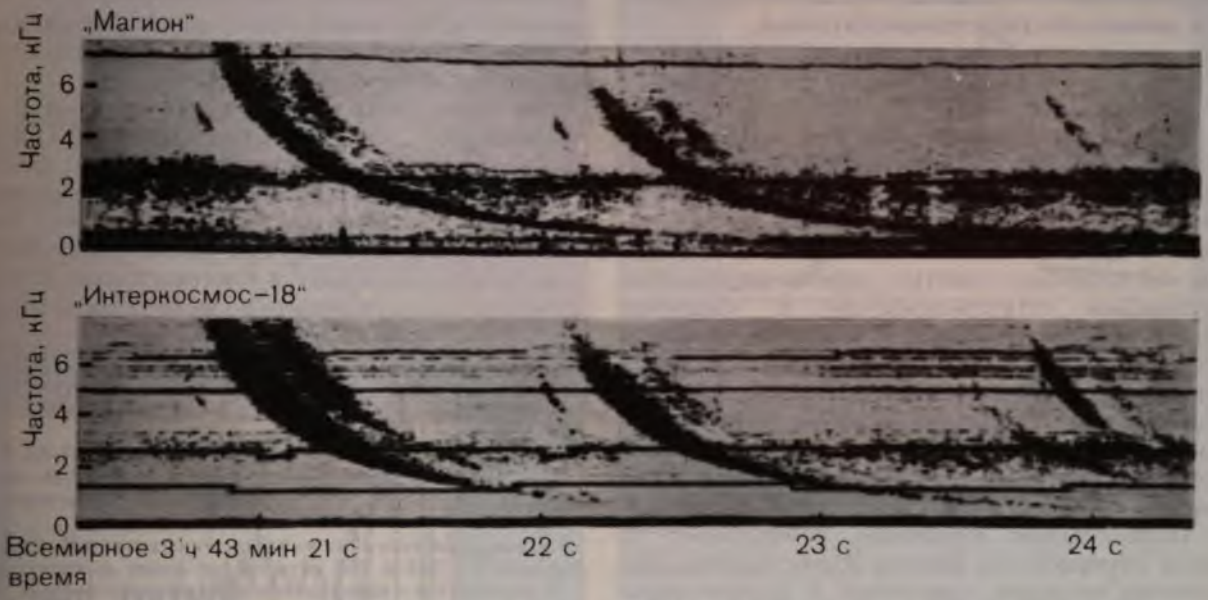


Рис. 12. Спектрограммы «свистов», зарегистрированные станцией Геофизического института ЧСАН одновременно со спутников «Магион» и «Интеркосмос-18» при их взаимном удалении на 25 км (25 ноября 1978 г.). Линии, идущие вдоль горизонтального направления, — дополнительная информация (интенсивность волновых явлений, время и т. д.)

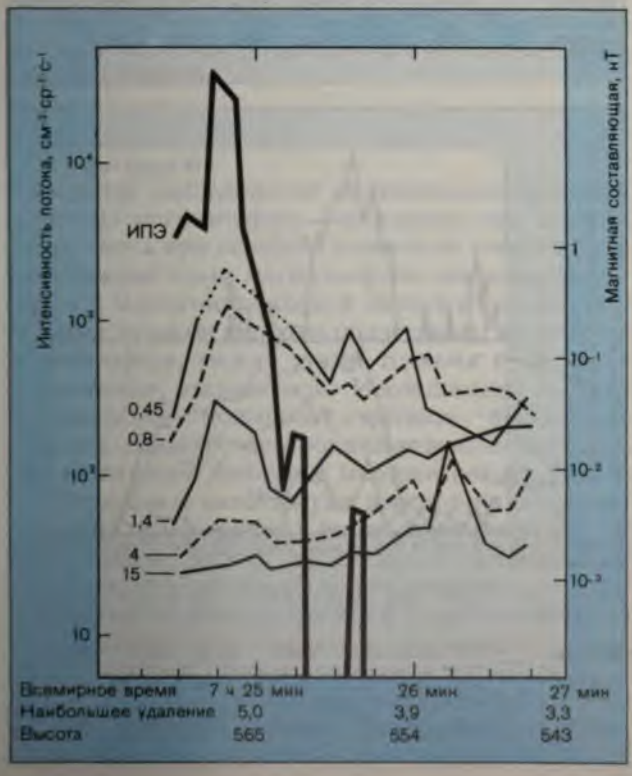
Общее устройство спутника (его вес — 14,56 кг) показано на рис. 10 (см. также рис. 11).

Основные системы спутника «Магион»:

телеметрические передающие устройства на частотах 137,15 МГц (0,25 Вт) и 400,57 МГц (1,5 Вт);

система командной связи (24 независимые команды, диапазон 149 МГц);

система питания, состоявшая из солнечных панелей (2,4 Вт), двух химических аккумуляторных батарей (40 Вт·ч) и трансформатора (он обеспечивал бортовые системы электроэнергией соответствующих напряжений);



измерительная система для контроля электрических напряжений и токов, температуры в различных частях спутника и рабочих характеристик научных приборов (всего 52 параметра);

комплекс научных измерительных приборов, в который входили:

— датчики и электронная аппаратура для измерения электрических и магнитных полей в диапазоне 0,05—16 кГц и на пяти выбранных частотах от 0,45 до 15 кГц, а также электрического поля в диапазоне 0,01—80 Гц;

— 16-тиканальный частотный анализатор в диапазоне до 15 кГц;

— система возбуждения и измерения плазменных резонансов;

— 4 детектора для измерения потоков заряженных частиц, в том числе электронов с энергиями больше 30 кэВ, ориентированные по двум

Рис. 13. Измерения спутника «Магион» (15 мая 1979 г.): интенсивность магнитной составляющей естественных полей на пяти частотах (0,45; 0,8; 1,4; 4; 15 кГц) и интенсивность потока электронов (ИПЭ) с энергиями больше 30 кэВ. На горизонтальной оси: всемирное время; наибольшее удаление соответствующей магнитной силовой линии от центра Земли в радиусах Земли; высота спутника над поверхностью Земли в километрах. Максимуму эмиссии электромагнитных волн на частотах до 1,4 кГц соответствует максимум интенсивности потока электронов

направлениям — параллельно и перпендикулярно оси магнитной стабилизации спутника.

□

Результаты, полученные в ходе эксперимента «Магион», можно охарактеризовать двумя типами иллюстративного материала: 1) обработка методом частотного анализа данных по «свистовым» и другим низкочастотным явлениям — на рис. 12 показаны «свисты», зарегистрированные спутниками «Интеркосмос-18» и «Магион» вскоре после их разделения (взаимное удаление — около 25 км); 2) графическое изображение зарегистрированных вдоль орбиты спутника интенсивностей естественных электромагнитных шумов на выбранных частотах и интенсивностей потоков электронов с энергиями больше 30 кэВ (рис. 13 и 14).

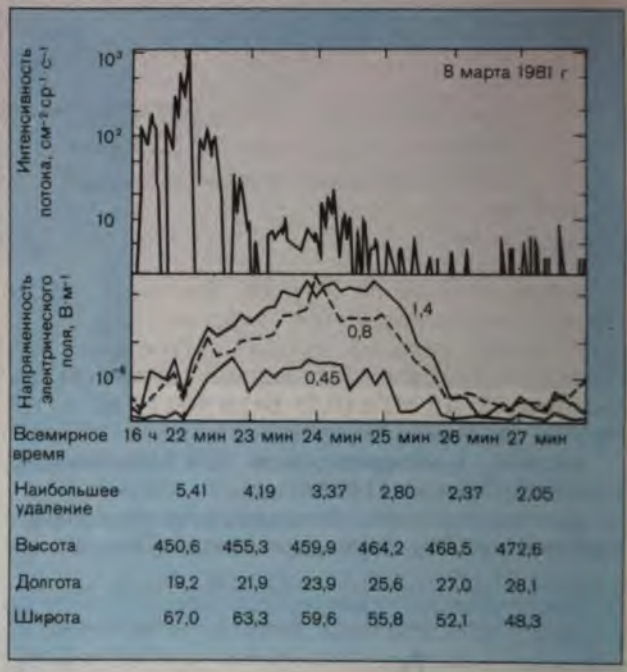
Параллельные измерения, проведенные на обоих спутниках, во многом содействовали прояснению вопросов, связанных с распространением волн «свистового» типа через ионосферу. На рис. 15 схематически показаны магнитосферный «свистовой» волновод и распространение по нему волн, которые как бы высвечивают более плотные слои ионосферы. И хотя апогей орбиты обоих спутников был недостаточно велик, для того чтобы подробно изучить направления распространения волн, полученные результаты, по сути дела, соответствуют такой модели.

Рис. 16 подтверждает относительную стабильность эмиссии волн вблизи плазмопаузы. Несмотря на некоторые структурные расхождения, область эмиссии на обоих частотах не меняет своего местоположения между 53° и 67° по широте.

Последовательное прохождение обоими спутниками одних и тех же областей с интервалом в несколько минут позволило в случае высокой «свистовой» активности более точно установить границы зоны возможного распространения низкочастотного излучения для различных геофизических условий.

Помимо исследований временно́й и пространственной структуры низкочастотных полей, в эксперименте решалась более общая проблема, связанная с практическими возможностями использовать автономный отделяющийся приборный блок в качестве дополнения к большому спутнику с комплексной программой.

Оказалось, что относительно простым и по сравнению с запуском самостоятельного спутника чрезвычайно дешевым способом можно повысить ценность измерений, проводимых основным объектом (спутником-носителем). При этом результаты измерений оказываются более «чистыми», уменьшается влияние помех, и зачастую удается осуществить более детальные иссле-



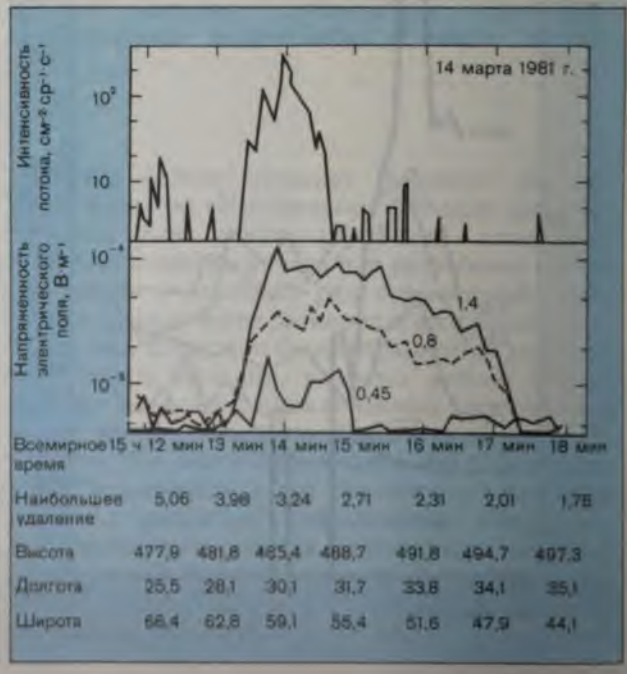


Рис. 14. Интенсивность электрической составляющей естественных полей на трех частотах (0,45; 0,8; 1,4 кГц) и интенсивность потока электронов с энергиями больше 30 кэВ. Спутник «Магион» провел измерения в одной и той же области при низкой геомагнитной активности (8 марта 1981 г., вверху) и при значительных геомагнитных «помехах» (14 марта 1981 г., внизу). Во втором случае область волновых эмиссий сместилась в сторону меньших широт приблизительно на 5°. На горизонтальной оси: всемирное время; наибольшее удаление соответствующей магнитной силовой линии от центра Земли в радиусах Земли; высота спутника над поверхностью Земли; долгота и широта в градусах

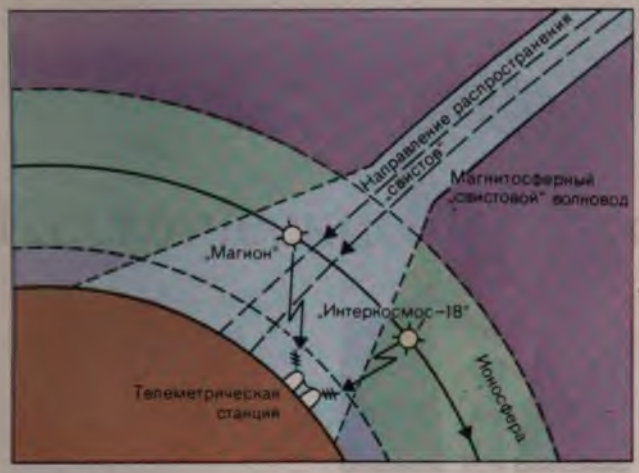


Рис. 15. Исследование распространения «свистов» через магнитосферу и ионосферу с помощью двух спутников

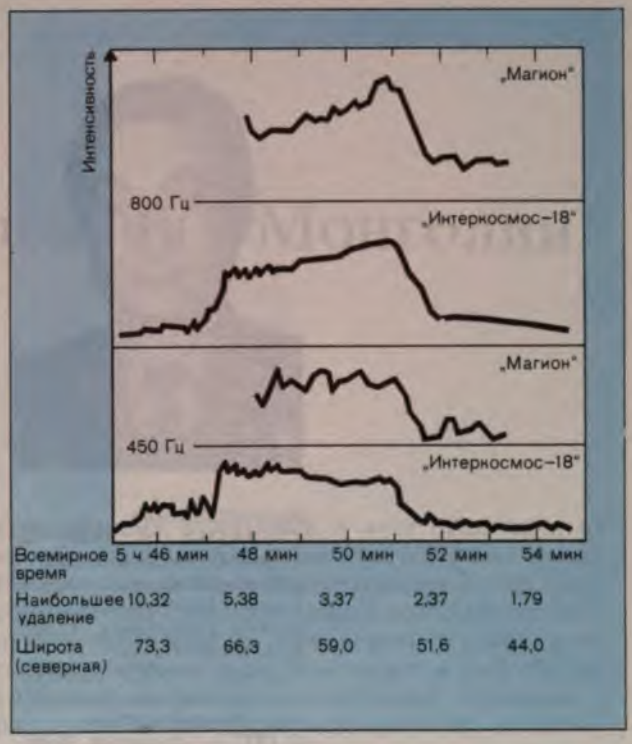


Рис. 16. Интенсивность электрической составляющей естественных полей на частотах 800 и 450 Гц, измеренная при последовательном прохождении с интервалом 30,5 мин спутниками «Магион» и «Интеркосмос-18» одной и той же области эмиссии (15 мая 1979 г.). На горизонтальной оси: всемирное время (для измерений на спутнике «Магион»); наибольшее удаление соответствующей магнитной силовой линии от центра Земли в радиусах Земли; северная широта в градусах

дования. Измерения проводятся на почти идентичных орбитах двух спутников, при различном, в том числе большом, их взаимном удалении, в одних и тех же точках пространства, через известные интервалы времени. Наконец, и совершенно самостоятельная деятельность спутника-сателлита, как это было в данном случае, может быть очень полезной.

□

Открытия последних лет подтверждают значение системы магнитосфера—ионосфера как связующего звена при пёредаче солнечной энергии Земле. Каждая точка магнитосферы связана определенной магнитной силовой линией с соответствующими точками в других областях магнитосферы и ионосфере, между этими точками существует физическая взаимосвязь. Исследования в этом направлении позволяют познать физические основы единой электродинамической системы, определяющей движение материи вокруг Земли.

Отдельные явления уже достаточно подробно изучены нами, однако исследование причинной взаимосвязи между отдельными физическими процессами в разных областях космического пространства остается важнейшей современной задачей космической геофизики. Дальнейший прогресс в данной области возможен только на пути непосредственных измерений с высоким временным и пространственным разрешением на специально оборудованных для этого спутниках. Первостепенное значение для решения подобной задачи будут иметь исследовательские проекты, предполагающие использование системы спутников, которая позволяет выявить и количественно изучить аналогичные природные явления в разных областях магнитосферы.

Речь идет, например, о взаимосвязи явлений в верхних частях магнитосферы и соответствующих им нижних ее областях в высоких широтах. Помимо всего прочего, эти области интересны еще и тем, что в них проходят энергетически мощные природные процессы, а в пространстве между ними, вдоль связывающих их силовых линий, в тысячах километров от поверхности Земли, возникает чрезвычайно сильная эмиссия электромагнитных волн на частотах 100 кГц. Их мощность достигает 10^9 Вт. Это наиболее мощное известное радиоизлучение планеты Земля, которое по своему характеру напоминает эмиссию, обнаруженную в магнитосферах Юпитера и Сатурна. Однако его причины и механизм возникновения нам не известны.

Для решения подобных проблем необходимо получить данные о пространственной структуре геофизических явлений в магнитосфере. Этим и определяется важность научных результатов и технического опыта, добытых в эксперименте «Магион», для будущих исследований в космосе.

Жугдэрдэмидийн ГУРРАГЧА (р. 1947) — космонавт-исследователь, летчик-космонавт МНР, Герой Монгольской Народной Республики, Герой Советского Союза.

Окончил в СССР военную школу младших авиационных специалистов.

С 1972 — слушатель Военно-воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского. После ее окончания работал инженером по авиационному оборудованию в отдельной авиационной эскадрилье Монгольской народной армии.

В 1978 начал подготовку к пилотируемому полету в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. Прошел полный курс обучения по программе космического корабля «Союз» и орбитальной станции «Салют».

22 марта 1981 г. Ж. Гуррагча в качестве космонавта-исследователя стартовал на космическом корабле «Союз-39» с командиром дважды Героем Советского Союза В. А. Джанибековым.

До 30 марта они работали на борту орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз Т-4» — «Союз-39» вместе с основной экспедицией в составе В. В. Коваленка и В. П. Савиных.

После возвращения из космоса Ж. Гуррагче были присвоены звания Героя Советского Союза и Героя Монгольской Народной Республики, а также почетное звание «Летчик-космонавт МНР».

Ойдовын БААСАНСУРЭН (р. 1941) — монгольский специалист по космическим исследованиям, заведующий сектором космических исследований Института физики и техники АН МНР.

В 1962 поступил в Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. После его окончания работал инженером и начальником отдела в системе Министерства строительства и строительных материалов.

В 1976 перешел на научную работу. Участвует в работах по программе «Интеркосмос».

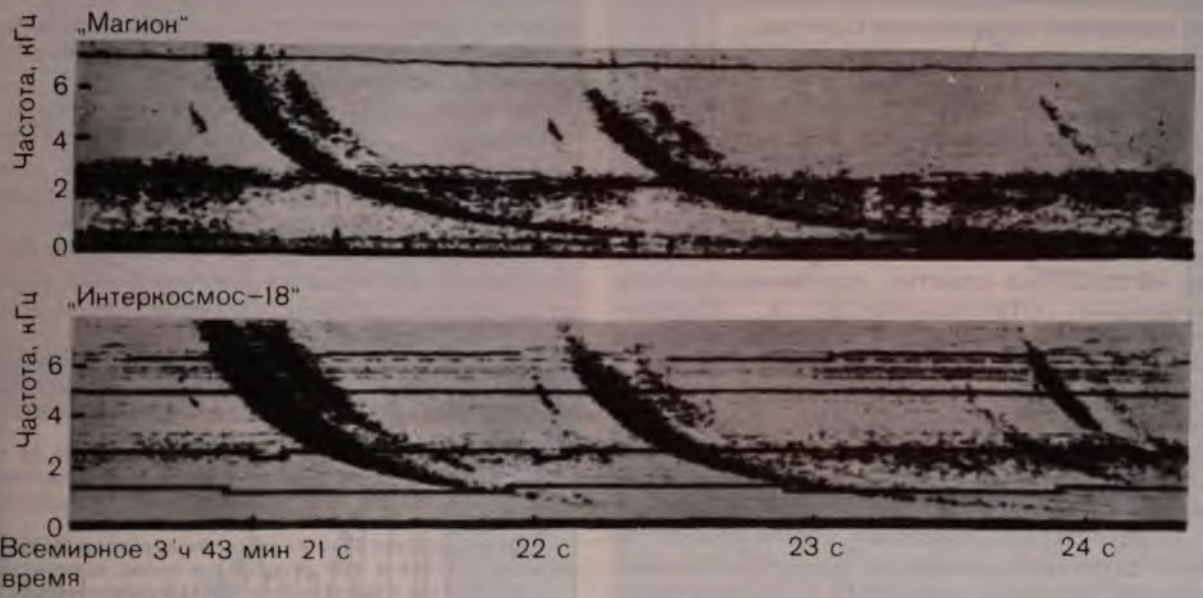


Рис. 12. Спектрограммы «свистов», зарегистрированные станцией Геофизического института ЧСАН одновременно со спутников «Магион» и «Интеркосмос-18» при их взаимном удалении на 25 км (25 ноября 1978 г.). Линии, идущие вдоль горизонтального направления, — дополнительная информация (интенсивность волновых явлений, время и т. д.)

Общее устройство спутника (его вес — 14,56 кг) показано на рис. 10 (см. также рис. 11).

Основные системы спутника «Магион»:

телеметрические передающие устройства на частотах 137,15 МГц (0,25 Вт) и 400,57 МГц (1,5 Вт);

система командной связи (24 независимые команды, диапазон 149 МГц);

система питания, состоявшая из солнечных панелей (2,4 Вт), двух химических аккумуляторных батарей (40 Вт·ч) и трансформатора (он обеспечивал бортовые системы электроэнергией соответствующих напряжений);

измерительная система для контроля электрических напряжений и токов, температуры в различных частях спутника и рабочих характеристик научных приборов (всего 52 параметра);

комплекс научных измерительных приборов, в который входили:

— датчики и электронная аппаратура для измерения электрических и магнитных полей в диапазоне 0,05—16 кГц и на пяти выбранных частотах от 0,45 до 15 кГц, а также электрического поля в диапазоне 0,01—80 Гц;

— 16-тиканальный частотный анализатор в диапазоне до 15 кГц;

— система возбуждения и измерения плазменных резонансов;

— 4 детектора для измерения потоков заряженных частиц, в том числе электронов с энергиями больше 30 кэВ, ориентированные по двум

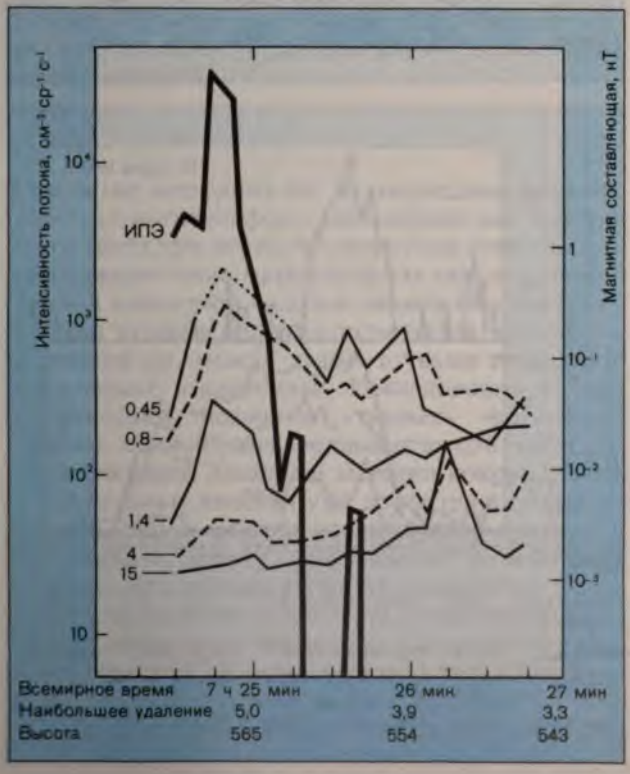


Рис. 13. Измерения спутника «Магион» (15 мая 1979 г.): интенсивность магнитной составляющей естественных полей на пяти частотах (0,45; 0,8; 1,4; 4; 15 кГц) и интенсивность потока электронов (ИПЭ) с энергиями больше 30 кэВ. На горизонтальной оси: всемирное время; наибольшее удаление соответствующей магнитной силовой линии от центра Земли в радиусах Земли; высота спутника над поверхностью Земли в километрах. Максимуму эмиссии электромагнитных волн на частотах до 1,4 кГц соответствует максимум интенсивности потока электронов

С 1971 г. Главное управление гидрометеослужбы МНР совместно с аналогичными организациями других социалистических стран проводит работу по изучению и использованию данных, полученных с советских метеорологических спутников типа «Метеор». На специальной станции, расположенной под Улан-Батором, специалисты МНР принимают информацию с метеорологических спутников. Ее обработка вносит большой вклад в изучение погодообразующих процессов над районами, недостаточно охваченными обычными гидрометеорологическими наблюдениями.

По данным Института метеорологии и гидрологии при Главном управлении гидрометеослужбы МНР использование спутниковых данных для краткосрочных прогнозов погоды по территории МНР повысило их точность, хотя сеть наблюдательных станций существенно не изменилась.

Информация, получаемая с метеорологических спутников, широко используется и в научно-исследовательской работе, например для изучения атмосферной циркуляции над Центральной Азией. Большое практическое значение имеет исследование закономерностей возникновения и развития облачных систем юго-западных циклонов, прохождение которых над территорией МНР сопровождается обильными осадками, грозами и сильными ветрами. На основе полученных результатов были разработаны и внедрены рекомендации по использованию спутниковых данных при оценке интенсивности этих циклонов.

Опираясь на комплексный анализ аэрокосмических, синоптических и гидрологических данных, ученые МНР разработали методику прогнозирования дождевых паводков.

В настоящее время в МНР разрабатываются методы картирования снежного покрова по материалам аэрокосмических съемок, которые позволят дешифровывать границы покрова на спутниковых снимках, определять его толщину и фазовое состояние. Решению этой задачи во многом способствуют самолетные подспутниковые эксперименты, проводимые на территории нашей страны.

С 1980 г. проводятся наземные измерения спектрального альбедо почв, растительности и снега. На основе таких данных мы сможем распознавать сельскохозяйственные культуры на снимках, полученных из космоса, по спектрам отражения.

Министерство связи МНР с 1965 г. активно участвует в сотрудничестве социалистических стран по космической связи, в исследовательских и экспериментальных работах, проводимых в рамках программы «Интеркосмос». Большим событием в культурной жизни нашего народа стал ввод в строй в январе 1970 г. при техническом содействии Советского Союза наземной приемной станции космической связи «Орбита». Теперь благодаря системе связи через ИСЗ «Молния» монгольские телезрители могут принимать передачи из Москвы и программы «Интервидения».

Монголия намерена более эффективно использовать систему связи через ИСЗ, освоить новые частотные диапазоны, построить спутниковую систему непосредственного телевизионного вещания, создать телеметрическую систему связи для всей территории страны. Уже сейчас во всех аймачных центрах и в ряде населенных пунктов действуют наземные приемные станции телевизионного вещания «Экран».

Этапным событием для монгольских ученых было непосредственное участие в эксперименте, поставленном на возвращаемом спутнике «Интеркосмос-6» (запущен 7 апреля 1972 г.) специалистами ВНР, МНР, ПНР, СРР, СССР, ЧССР. Цель эксперимента — изучение частиц в составе первичных космических лучей высоких энергий. Для регистрации частиц использовалась ядерная фотоэмульсия.

Четвертая часть фотоэмульсионной стопки была передана АН МНР. В настоящее время обработка этих материалов завершена.

Одно из важнейших направлений космических исследований в Монголии — дистанционное зондирование Земли с помощью аэрокосмических средств (пилотируемых космических кораблей и станций, спутников, специальных самолетов-лабораторий).

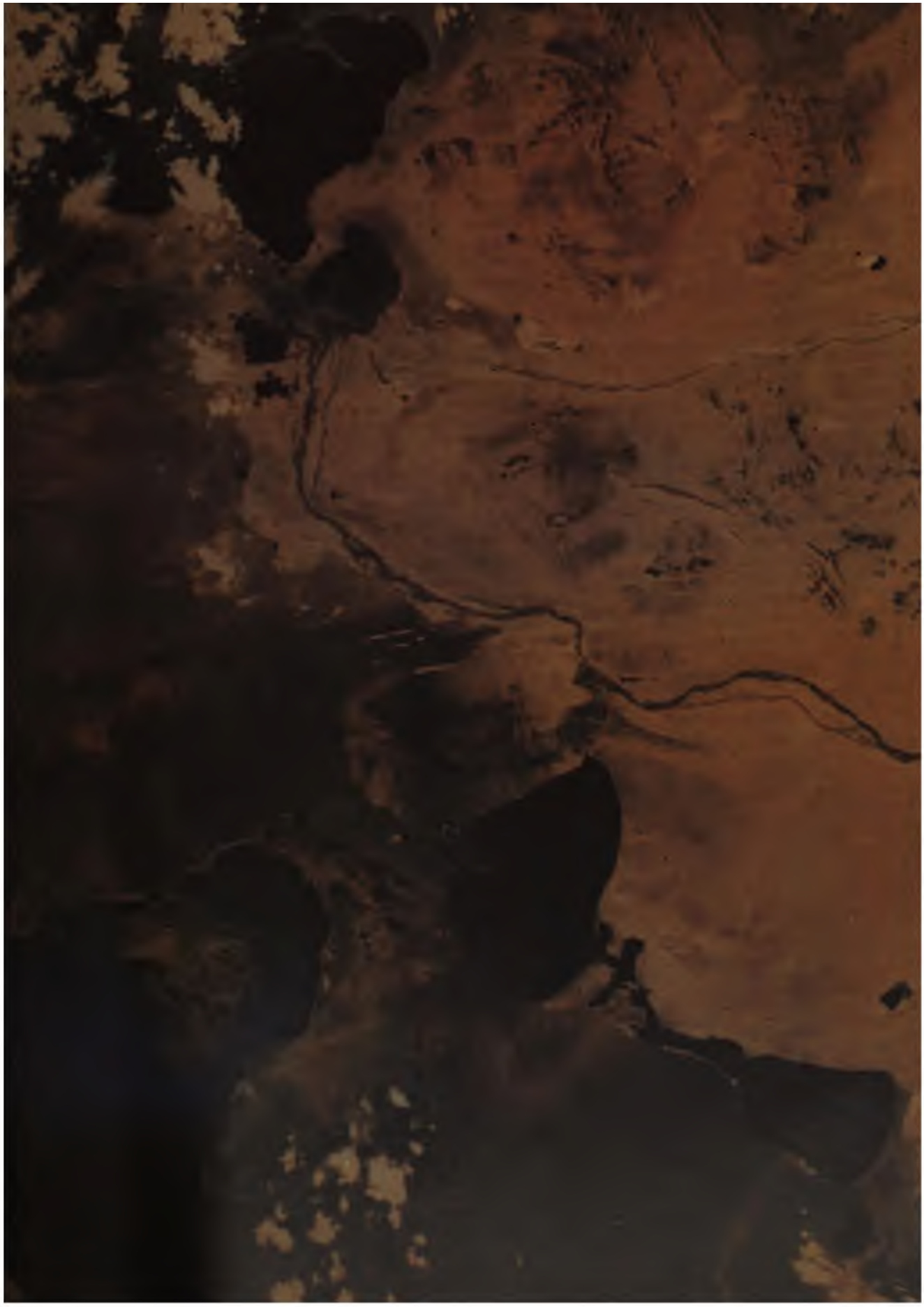
Работы в этой области проводятся как в рамках программы «Интеркосмос», так и по национальной программе. Материалы аэрокосмических фотосъемок используются для решения различных задач во многих отраслях народного хозяйства нашей страны. Разрабатывая методы анализа аэрокосмических снимков, научные организации МНР используют специально подобранные тестовые участки и полигоны на территории нашей страны, представляющие все характерные типы ее ландшафтов.

По просьбе правительства Монголии Советский Союз регулярно проводит космическую съемку ее территории, в том числе тестовых участков и полигонов.

Так, в 1976 г. космонавты В. Быковский и В. Аксенов фотографировали многоспектральной камерой МКФ-6 с борта космического корабля «Союз-22» некоторые районы МНР. Эти экспериментальные работы были направлены на изучение природных ресурсов.

В октябре 1979 г. и в апреле 1981 г. на самолете-лаборатории АН-30 АН СССР были проведены специальные съемки тестовых участков с помощью различной фотоаппаратуры, в том числе камеры МКФ-6М. К этому же время

Западная Монголия. Район озер Хиргис-Нур (вверху Хара-Ус-Нур (внизу слева). Фото получено с советского ИСЗ



относится совместный эксперимент по спектрометрированию природных образований, выполненный созданными в ГДР, СССР и НРБ приборами. В нем определялись параметры радиационного баланса, решались классификационные задачи.

Развитие производительных сил Монголии потребовало объективных данных о ее природных ресурсах. В 1981 г. в рамках научно-технического сотрудничества между СССР и МНР на основе космической информации была создана серия тематических карт страны. Сюда вошли следующие карты:

геолого-структурная с элементами неотектоники;

среднего многолетнего стока поверхностных и подземных вод;

земельного фонда;

использования почв;

кормоботаническая;

лесного фонда;

ландшафтно-типологического районирования.

Совместными усилиями специалистов МНР и ГДР в апреле 1980 г. в Улан-Баторе введена в строй наземная станция единой телеметрической системы для приема информации с ИСЗ серии «Интеркосмос». Создание этой станции в нашей стране открывает новые перспективы для развития исследований в области космической физики и дистанционного зондирования Земли.

В развитии космических исследований в Монголии важную роль сыграли принятые в 1976 г. Соглашение о сотрудничестве социалистических стран в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях и решение об участии граждан социалистических стран в пилотируемых полетах на космических кораблях и станциях. При АН МНР был создан сектор космических исследований, на который была возложена задача отбора кандидатов в космонавты, подготовки научной программы для совместного космического полета. Эта программа была разработана совместными усилиями монгольских и советских специалистов.

С 1977 г. в связи с отбором кандидатов в космонавты монгольские ученые приступили к изучению суточных ритмов физиолого-биохимических показателей человека, в частности, в условиях, моделирующих невесомость на Земле. Была проведена работа по выявлению национальных продуктов питания, перспективных для использования в космосе, в результате которой обнаружена высокая биологическая эффективность некоторых из них, например концентрата из облепихи и сушеного мяса.

Во время совместного советско-монгольского космического полета, состоявшегося в марте 1981 г., было выполнено около 30 научных экспериментов: физико-технических и технологических, медико-биологических, по изучению атмосферы и природных ресурсов Монголии. Остановимся подробнее на некоторых из них.

В. Джанибеков и Ж. Гуррагча в макете орбитальной станции «Салют» во время тренировки с камерой МКФ-6М. Автор фото Ц. Батсух

Цель эксперимента «Поляризация» — исследование поляризации солнечного света, переизлученного атмосферой Земли, выявление зависимости положения плоскости и степени поляризации от атмосферно-ландшафтных ситуаций, выяснение на этой основе возможностей использования поляризационных эффектов при изучении Земли из космоса средствами автоматики. Для эксперимента советские и монгольские специалисты разработали и изготовили в Институте физики и техники АН МНР прибор ВПА-1М — модернизированный вариант визуального поляризационного анализатора ВПА-1, применявшегося в экспериментах на станциях «Салют-4» и «Салют-6».

В новой версии сокращается время, необходимое для измерения параметров поляризации. Это достигнуто за счет механического выполнения операций при подготовке прибора к работе, увеличения точности шкал, передачи данных по телеметрическому каналу в Центр управления полетом с помощью прибора УСП-2. Использовавшиеся в эксперименте универсальные сигнальные пульты УСП-1 и УСП-2 изготовлены также совместными усилиями советских и монгольских специалистов.

Эксперимент «Излучение» носил научно-методический характер. В нем с помощью диэлектрических детекторов уточнялись возможности регистрации не полностью ионизированных атомов, измерялась интенсивность ядерной компоненты первичного космического излучения малых энергий. В детекторах, созданных учеными СССР и МНР, использовалась слюда, добытая в Монголии.

В этом эксперименте впервые на пилотируемом космическом комплексе для подобных целей

использовались твердотельные детекторы и опробовались методы, позволяющие регистрировать время экспозиции детекторов. Был экспонирован 141 детектор (каждый площадью 160 см²); из них 110 в шлюзовой камере. Все детекторы были доставлены на Землю космонавтами СССР и МНР и переданы ученым. В настоящее время они обрабатываются в Институте физики и техники АН МНР, Научно-исследовательском институте ядерной физики МГУ и Объединенном институте ядерных исследований в Дубне. В результате предварительной обработки наши ученые подтвердили возможность использования твердотельных диэлектрических детекторов для решения подобных задач.

Эксперимент «Эрдэнэт» поставлен с целью изучения процессов кристаллизации из водного раствора в условиях микрогравитации сернокислой соли меди, предложенной в качестве объекта исследования монгольскими и советскими специалистами.

Кюветы с пересыщенным раствором помещались в печь для подогрева пищи космонавтов и нагревались. Образовавшиеся после пассивного охлаждения кристаллы были отделены от раствора с помощью специального приспособления, а затем доставлены на Землю. Было получено около 600 кристаллов. Хотя структурные параметры кристаллов, выросших в земных и космических условиях, подобны, обнаружены и различия: например, грани у «космических» кристаллов более шероховаты, чем у земных.

Во время совместного советско-монгольского космического полета проведено 11 медико-биологических экспериментов, направленных на всестороннее обследование состояния организма космонавтов. Здесь мы хотим охарактеризовать три из них.

Эксперимент «Биоритм» был проведен с целью изучения суточных ритмов человека в условиях космоса, в том числе в острый период адаптации к невесомости.

В исследованиях, которые проводились на Земле на протяжении многих дней, в условиях, моделирующих невесомость и вызывающих перераспределение крови в организме, было установлено, что периодически, в определенные дни, ночью (с 1 до 5 часов) повышается температура тела, а днем (с 11 до 17 часов) падает частота сердечных сокращений. Были выявлены и другие суточные вариации биоритмов. Эти результаты имеют большое значение для выявления ранних физиологических нарушений в период, когда от испытуемого не поступает никаких жалоб.

Предварительные результаты проведенного на станции «Салют-6» эксперимента показывают, что в период острой адаптации человека к необычным условиям космоса могут возникать скрытые нарушения биоритмов. Для поддержа-

Комплекс приборов для эксперимента «Поляризация»: ВПА-1М, УСП-1, УСП-2. Автор фото Ц. Батсух

ния работоспособности космонавтов на должном уровне, общего контроля за их физиологическим состоянием и создания оптимального режима труда и отдыха чрезвычайно важно вовремя обнаружить такие изменения в организме.

В эксперименте «Чацаргана» исследовалось стабилизирующее влияние пищевых продуктов (в частности, молока) с облепихой, произрастающей на территории нашей страны, и препарата из облепихи на обмен веществ у космонавтов. Как известно, облепиха — это растение, плоды которого содержат в большом количестве биологически активные вещества. В результате эксперимента установлено, что облепиховое масло оказывает специфическое воздействие на содержание липидов в организме человека, например уменьшает их содержание в крови. Проведенные исследования имеют важное значение не только для космической медицины, но и для земной (профилактика и лечение сердечно-сосудистых заболеваний и пр.).

Психофизиологическая адаптация человека к специфическим условиям обитания в космосе исследовалась в эксперименте «Опрос». К набору вопросов, разработанному специалистами СССР и МНР, был добавлен вкладыш «Биоритмологический опросник», подготовленный монгольскими учеными.

Эксперимент имел цель получить информацию, необходимую для того, чтобы:

индивидуализировать бортовые рационы;

провести работы по рациональной ции интерьера и предметно-простра окружения;

поддерживать индивидуальные сут клы «сон-бодрствование»;

осуществлять контроль за соблюд порядка дня;

улучшить организацию активного досуга;

оценить соотношение выработанны приобретенных навыков совместных на этой основе усовершенствовать си готовки;

изучить опыт общения интернац экипажей;

выявить особенности перераспреде ви в организме в условиях невесомости

совершенствовать медикоментозное ние и т. д.

Как показал эксперимент, психофи ская адаптация у космонавтов, в повторно летящих в космос, неодинако

В целях исследования природных нашей страны были проведены экс «Биосфера-Мон» и «Эрдэм». Первы включал 14 заданий по исследованию (инструментальные наблюдения и фот вание ручными камерами) природных на территории МНР в интересах географии, сельского и водного хозя циологии, ландшафтоведения, гидромет и охраны окружающей среды. В эк изучались тектоника и структурные ствия крупнейших разломов в районе сугул; строение рудных зон; зон сейсм разломов; кольцевые структуры; кра ные структуры и закономерности их ственного размещения; особенности формирования массивов гранитоидов нефтегазоносных районов; границы нами сухой степи и полупустыни; с продуктивность пастбищ; засушливы перспективные на поиск подземных в пресной воды, аккумулирующие в ледн и систематизация информации для атл ков мира); атмосферные процессы; з окружающей среды; стихийные явлени

Эксперимент «Эрдэм» предусматри графирование территории Монголии МКФ-6М и КАТЭ-140. В результате съемка почти 40% ее территории. Ценн ченного материала, по мнению спе определяется возможностями его испо в различных отраслях народного хозя составления тематических карт.

Синхронно и квазисинхронно бы дены подспутниковые исследования рых тестовых участках с помощью спе ческих приборов, созданных в НРБ, ГД

СТО ЛЕТ НАЗАД

Французским военным воздухоплавателям Ш. Ренару и А. Кребсу впервые удалось создать управляемый аэростат. Построенный ими дирижабль «Франция» рыбообразной формы приводился в движение электродвигателем мощностью 9 л. с. и развивал невиданную до того времени скорость: 22 км в час. На этом дирижабле было выполнено несколько удачных полетов по замкнутой кривой.

Английский физик А. Шустер расчетным путем показал связь между магнитными полями Солнца и Земли.

Земной меридиан, проходящий через Гринвич (предместье Лондона), где расположена Гринвичская астрономическая обсерватория, по международному соглашению принят за начало отсчета географических долгот и для исчисления поясного времени.

ФИЛАДЕЛЬФИЯ. ***Здесь недавно произведены опыты над приведением в движение всякого рода экипажей посредством пружин. Двигатель состоял из шести спиральных пружин, намотанных на цилиндр. Посредством машины, установленной на конечной станции, все шесть пружин сжимаются, вследствие чего сила их напряжения достигает такой степени, что приведенный ими в движение вагон с пассажирами мог совершать путь в 8 километров. Конструктор по желанию может привести в движение одну или все шесть пружин, а также остановить их посредством особого тормоза.***

«Техник»

ЕХНИЧЕСКИЙ РОГРЕСС

Теоретические исследования — это изучение явлений самих по себе, без их промышленного применения. Но заметьте, что нет ни одного научного открытия, которое рано или поздно не получило бы практического применения.

Ф. Жолио-Кюри

И. В. ПРАНГИШВИЛИ, Ю. М. ФАТКИН, В. С. ШИРОКОЛАВА
Обучение вычислительных систем

ДЖ. Ф. ДЭВИДСОН
Псевдоожиженный слой твердых частиц («кипящий слой»)

Г. КЕЙЛ, К. МЕЙЕР
Трение и смазка — химия граничных слоев

ХО ШИ ТХОАНГ
Цеолиты — удивительные катализаторы

Ивери Варламович ПРАНГИШВИЛИ (р. 1930) — специалист в области систем управления и вычислительной техники, профессор, академик АН ГССР, заместитель директора Института проблем управления (автоматики и телемеханики) АН СССР и Минприбора, заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Окончил (1952) Грузинский политехнический институт. В 1959 защитил кандидатскую диссертацию, а в 1968 — докторскую. В 1979 избран академиком АН ГССР.

С 1960 работает в Институте проблем управления (с 1970 — заместитель директора).

Научные исследования И. В. Прангишвили посвящены разработке теории и новых принципов построения управляющих вычислительных комплексов и систем телеавтоматического управления. Под его руководством разработаны семейства высокопроизводительных многопроцессорных комплексов с перестраиваемой структурой типа ПС-2000, ПС-3000 и систем телеавтоматического управления.

И. В. Прангишвили занимается также разработкой микропроцессорных распределенных систем управления и ассоциативных систем обработки больших массивов информации. Он возглавляет комплексные теоретические и экспериментальные исследования по созданию современных геофизических вычислительных комплексов, комплексов по обработке сигналов изображений и ассоциативных обучающихся ЭВМ.

Автор около 190 научных работ, в том числе 8 монографий, и 25 изобретений.

Юрий Максимович ФАТКИН (р. 1929) — специалист в области теории оптимального управления, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем управления (автоматики и телемеханики) АН СССР и Минприбора.

Окончил (1962) Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе (МАИ).

Работал в Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ) им. Н. Е. Жуковского.

С 1968 — заведующий лабораторией в Институте проблем управления.

В 1966 защитил кандидатскую диссертацию, а в 1973 — докторскую.

Научные интересы Ю. М. Фаткина связаны с разработкой новых методов решения вариационных проблем. На основе предложенных им теоретических концепций и под его руководством разработан комплекс обучающихся программ, ориентированный на решение сложных оптимизационных задач.

Возглавляет исследования, направленные на создание обучающихся ЭВМ. Занимается также разработкой и решением динамических проблем математической теории игр.

Автор свыше 70 научных публикаций.

Валерий Семенович ШИРОКОЛАВА (р. 1939) — специалист в области прикладной математики, автоматизации программирования, кандидат технических наук, руководитель группы Института проблем управления (автоматики и телемеханики) АН СССР и Минприбора.

Окончил (1960) Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.

С 1974 работает в Институте проблем управления. В 1981 защитил кандидатскую диссертацию.

Интересы В. С. Широколавы связаны с разработкой теории и методов обучения ЭВМ; на комплекс обучающихся программ, разработанный на этой основе, опирается создание математического обеспечения для новых высокопроизводительных вычислительных машин с перестраиваемой структурой.

Автор более 20 научных работ.

Ивери Варламович ПРАНГИШВИЛИ,
Юрий Максимович ФАТКИН,
Валерий Семенович ШИРОКОЛАВА

Обучение вычислительных систем

Несколько лет назад в Институте проблем управления (автоматики и телемеханики) АН СССР и Минприбора СССР были начаты работы по созданию комплекса программ для ЭВМ, в котором для решения различных задач используется накопленный ранее опыт, т. е. обучение решению задач. Известные к тому времени обучающиеся программы были чисто исследовательского характера и сами по себе никакого практического значения не имели, да и разработчики не ставили перед собой цели использовать их на практике, так как главным, по-видимому, считали демонстрацию самой возможности обучения ЭВМ.

С самого начала работ их авторы исходили из того, что использование обучения позволит в какой-то мере уменьшить тот значительный разрыв, который существует сегодня между бурным развитием вычислительной техники, появлением ЭВМ новых поколений и эффективностью решения весьма нужных для практики оптимизационных задач большой размерности. Этот разрыв с течением времени и появлением более совершенных ЭВМ не только не сокращается, но и несколько увеличивается.

Часто говорят об успехах внедрения ЭВМ в различные отрасли науки и производства, однако, если отбросить широко известные факты прошлого, много ли можно назвать отраслей, где использование именно новых ЭВМ давало бы принципиально новые результаты? Мы вовсе не хотим сказать, что эффект от разработки и распространения ЭВМ отсутствует — сегодня никто не сомневается в том, что он есть; речь идет об относительном уменьшении этого эффекта.

Утверждение о том, что «сложные», уникальные задачи — атрибут «сложных» отраслей науки и практики, не совсем справедливо, поскольку сложность задачи определяется всегда требованиями к точности ее решения. Пояснить это можно на простом примере.

Пусть требуется измерить расстояние между противоположными стенами комнаты. Решить такую задачу с точностью в несколько сантиметров обычно очень просто. Повысим точность до миллиметра или долей миллиметра. В этом случае, помимо чисто технических проблем, возникают и математические. Оказывается, надо заново определить прекрасно известное нам понятие «стена» — это теперь поверхность, которая задается, например, уравнениями, осредняющими ее отклонения от некоторого идеального уровня. Если даже не учитывать того, что дополнительно нам придется мерить эти отклонения, большие трудности могут возникнуть при составлении и решении системы уравнений, описывающих поверхность стены. Большая размерность системы уравнений (большое число переменных), или, как часто говорят, «проклятие размерности», может стать здесь непреодолимым препятствием.

«Проклятие размерности» преследует исследователя при численном анализе каждой сложной, уникальной задачи. Как явствует из приведенного выше примера, такая опасность подстерегает нас и в любой практической задаче, если только мы захотим ее решить с точностью, превышающей некоторую определенную. Бурное развитие вычислительной техники во многом связано с попыткой преодолеть такие трудности.

Современная ЭВМ третьего или четвертого поколения (широко распространенные и довольно расплывчатые понятия) — это совокупность процессоров, устройств памяти, ввода-вывода информации и т. д., т. е. комплекс аппаратуры и математическое обеспечение к нему. Совершенствование математического обеспечения и элементной базы приводит к появлению ЭВМ новых поколений. При этом развитие собственно математических методов решения задач лишь частично отражается в математическом обеспечении; с основными трудностями, возникающими при решении задач, должен бороться пользователь.

Сравнение возможностей современной ЭВМ и новых вычислительных методов решения задач (т. е. способов их математического описания и численного анализа) показывает, что второе явно

отстает от первого; это-то и определяет тот разрыв, о котором говорилось выше.

Несостоятельность попытки преодолеть вычислительные трудности путем разработки все более мощных ЭВМ становится очевидной, если учесть, что размерность задач, решение которых позволяет получить качественно новые результаты, растет гораздо быстрее, чем возможности ЭВМ. Так при численном решении широко распространенных краевых задач* (к которому, по существу, сводится анализ большинства оптимизационных задач) увеличение их размерности на порядок требует повышения быстродействия ЭВМ на три — четыре порядка.

Заметим, что успешные решения отдельных новых сложных задач никак не устраняют упомянутого несоответствия, а, наоборот, подчеркивают его: такие решения почти всегда остаются уникальными и недоступны широкому кругу пользователей; они — достижения не столько разработчиков ЭВМ, сколько самих конкретных пользователей — постановщиков задач, математиков, программистов.

Обычно повышения эффективности вычислительных систем добиваются, увеличивая быстродействие их элементной базы (скорость выполнения отдельных операций), применяя новые программные решения при организации вычислительного процесса в целом и его отдельных этапов, используя в них принципы параллелизма и перестраиваемости, позволяющие увеличить число одновременно выполняемых операций.

В нашей работе эта цель в первую очередь достигалась с помощью обучения. Процесс обучения позволяет накопить и обобщить опыт решения относительно простых задач и затем использовать его путем ассоциаций и аналогий для решения более сложных, в том числе и в реальном масштабе времени. Преимущества данного подхода связаны с тем, что предлагаемый метод описания и численного анализа сложных задач доступен многим пользователям.

□

Для обучения прежде всего необходимо разработать систему правил, которые регулируют взаимоотношения «учителя» и «ученика» в определенной «среде». В нашем случае «учитель» может быть отождествлен с квалифицированным пользователем (или группой пользователей), а в качестве «ученика» выступает программа, реализованная на некоторой ЭВМ. Естественно, прежде всего надо создать такого «ученика» и «снабдить» его желанием обучаться.

Основное требование, предъявляемое к обучающейся программе, заключается в том, чтобы любой пользователь, даже не знающий, как она устроена (программист, обращающийся к машине на определенном алгоритмическом языке, может также этого не знать), мог бы всегда рассчитывать на получение решения с помощью ЭВМ, на которой она реализована. Другими словами, если пользователь сформулировал свою задачу по заданным правилам, то он должен получить решение в любом случае (конечно, оно не обязательно будет иметь необходимую ему точность, такое решение может и не существовать).

Сказанное означает, что обучающаяся программа как минимум должна быть универсальной относительно заданного правилами класса задач.

Принципы, заложенные в «конструкцию» обучающейся программы, совпадают с основными принципами теории управления: планирование счета и его проведение с обратной связью, т. е. выбор наилучшего плана решения из допустимых и последующее его «отслеживание» (оперативное управление решением с учетом возмущений). Под решением здесь понимается численная реализация алгоритма пользователя, т. е. счет на ЭВМ в соответствии с заданной им программой. К возмущениям относятся в том числе и неучтенные им факторы. Кроме того, для обучения необходимо ввести специальную память, в которой фиксируется информация об опыте прошлых решений.

Задача пользователя всегда рассматривается как динамическая (т. е. описывающая изменяющиеся во времени объекты или процессы) и оптимизационная (т. е. предполагающая поиск наилучшего в том или ином смысле решения).

Такой подход обосновывается тем, что, во-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. *Передача силы электричеством. В последнее время много было говорено о соглашении на эксплуатирование изобретения Марселя Депре. Это соглашение находится в зависимости от результатов опыта, недавно начатого на северной железной дороге. Марсель Депре занят в настоящее время этими прекрасными опытами передачи работы из Крейя в Париж посредством двух проволок из кремнистой бронзы. В Крейе будет поставлена машина в 200 л. с., и работа ее будет передаваться в Париж трем различным машинам.*

«Техник»

ПЕТЕРБУРГ. *Недавно происходили замечательные по дальности расстояния непрерывные переговоры по телеграфу. Из Лондона переговаривались сначала через Одессу, потом через Тегеран и наконец прямо из Лондона с телеграфистом в Калькутте (т. е. на расстоянии более 11 тысяч километров), где даже на телеграфной станции не поверили сразу в непрерывность переговоров.*

«Техник»

* В них из данного класса функций, определенных в некоторой области, требуется найти ту, которая удовлетворяет на границе (крае) этой области какому-либо заранее заданному условию.

первых, это — наиболее сложные задачи, во-вторых, при некотором навыке практически любая задача может быть сведена к таковой (частным случаем динамической задачи выступает и конечномерная статическая, а оптимизационной — поиск допустимого, а не наилучшего решения) и, наконец, в-третьих, сама программа должна выполняться за кратчайшее время, т. е. ее реализация есть динамическая и оптимизационная задача (если задана жестко фиксированная программа, то тогда нечему и обучаться).

Полученный при решении задачи численный результат всегда содержит ошибку, что необходимо помнить при его интерпретации. Природа таких ошибок двоякая: они возникают при постановке задачи (как следствие абстрагирования, когда пользователь пренебрегает несущественными, по его мнению, деталями) и при численной ее реализации на ЭВМ. В общем случае, особенно в сложных задачах, эти ошибки неотличимы друг от друга. Более того, в оптимизационных задачах выявить их невозможно, поскольку оптимальное решение всегда неизвестно (это реально только в том случае, когда результат уже получен, например, из опыта).

Общие цели обучения могут быть сформулированы так:

накопив опыт решения простых задач определенного класса, сократить время их решения;

проведя обучение на отдельных простых задачах, ускорить решение сложных;

накопив опыт решения конкретной сложной задачи, решать ее значительно быстрее, например, в реальном масштабе времени;

решать сверхсложные задачи.

Универсальность подхода, о которой говорилось выше, может теперь пониматься и в другом смысле: возможность обучения на любом классе задач делает обучающуюся программу потенциально универсальной уже относительно их классов.

В каждом конкретном случае форма обучения зависит от вида задачи и квалификации пользователя. Однако всегда при выборе наилучшего варианта решения необходимо сформулировать альтернативные варианты, которые задаются набором параметров.

Как известно, для того чтобы численно решить задачу, прежде всего необходимо выбрать соответствующий метод и задать численные значения характеризующих его (управляющих) параметров. Например, в случае краевой задачи выбор метода численного интегрирования сопровождается заданием величины шага или точности интегрирования, предельных знаний невязок (отклонений определенных характеристик от требуемых значений), условий окончания счета и т. д. Конкретные значения подобных (как их называют, свободных) параметров могут произвольно выбираться из некоторого интервала их изменения. От этого выбора зависит (или может зависеть) скорость сходимости вычислительной процедуры, время решения, объем требуемой памяти ЭВМ.

Эффективность обучающейся программы связана еще и с тем, что задача пользователя решается одновременно с задачей выбора наилучших в определенном смысле параметров самого вычислительного процесса. Для этого необходимо выделить свободные параметры, задать диапазоны их изменения и условия точности.

Параметризация, предполагающая параметрическое задание альтернативных вариантов, — основа обучения, что непременно должен учитывать любой пользователь.

□

Обучение программы представляет собой активный процесс, в котором вырабатываются способы нахождения решений путем параметризации как решаемых задач, так и применяемых для их решения методов, запоминается вся необходимая информация, использующаяся в дальнейшем для улучшения получаемого решения, динамической настройки алгоритмов на условия и требования конкретной задачи (либо конкретного класса задач), а также для целенаправленного изменения параметров и структуры алгоритмов на основе накопленного опыта*.

Процесс обучения разбивается на два этапа. Вначале на заданной (обучающей) совокупности задач определенного вида, по возможности простых (в целях экономии машинного времени), осуществляется настройка управляющих параметров методов. При этом накапливается опыт решения таких задач, т. е. запоминаются их признаки, наилучшие значения управляющих параметров, сами решения и другая необходимая информация.

Затем приступают к решению аналогичных или более сложных задач данного вида. При необходимости сложную задачу можно разбивать на совокупность более простых, каждая из которых решается на основе уже известных значений параметров.

Для новой задачи в памяти отыскивается информация о задачах, наиболее близких в определенном смысле к решаемой. При этом предполагается, что информация об опыте решения задач, подобных данной (т. е. близких с точки зрения заранее выбранных признаков), удовле-

* Основные принципы данного подхода сформулированы в работе *Ю. М. Фаткина* и *Г. В. Чекалиной*. «Универсальная моделирующая система» (Автоматика и телемеханика, 1975, № 10; 1976, № 3), а результаты их программной реализации изложены в книгах «Модели управляющих систем» (М., 1976) и «Имитация процессов управления» (Сб. трудов/Институт проблем управления. М., 1978, вып. 18).

творяет следующему условию: из близости признаков должна следовать близость оптимальных значений управляющих параметров и наоборот.

Решение наиболее близкой задачи и соответствующий ему набор параметров служат начальным приближением решения новой задачи. В дальнейшем решение улучшается на основе анализа информации о других близких задачах, в результате чего находятся управляющие параметры, максимизирующие величину специально вводимого критерия качества управления. Выбор хорошего начального приближения и настройка параметров на конкретный вид задач существенно сокращают время их решения.

□

Замена реального объекта или процесса соответствующей ему математической моделью позволяет нам использовать для его изучения и анализа универсальные математические методы, не зависящие от его физической природы и конкретного вида. В математической модели необходимо отобразить все, что нам известно о свойствах и правилах функционирования объекта, в виде уравнений, неравенств, логических условий и т. п.

Многие исследуемые объекты (процессы) по сути своей управляемы. Целенаправленное воздействие на них (управление) может осуществляться различными способами. Если известна цель управления или, другими словами, сформулирован критерий качества управления, то тогда мы имеем дело с постановкой и решением оптимизационной задачи, которая в общем виде выглядит следующим образом: среди всех возможных управлений найти такое, которое переводит объект из исходного состояния в требуемое с наилучшим значением критерия качества. Искомое управление, доставляющее экстремум (максимум либо минимум в зависимости от смысла задачи) критерию, и называют оптимальным.

В нашем случае речь идет о функционировании объекта на некотором интервале времени и оптимизационная задача может быть сформулирована так: найти управляющие воздействия, при которых критерий качества, зависящий от фазовых переменных (т. е. переменных, определяющих состояние объекта в каждый момент времени), от управлений и интервала времени, принимает экстремальное значение; при этом функционирование объекта описывается дифференциальными уравнениями, заданы исходные значения фазовых переменных (исходное фазовое состояние) и допускаются ограничения на фазовые переменные и управления, записываемые в виде равенств и неравенств. Цель управления отражена в стремлении достичь экстремальной величины критерия качества в конечный момент времени.

Решение сложных оптимизационных задач во многих случаях сопряжено с большими трудностями как принципиального, так и вычислительного характера,несмотря на то, что для этого разработано много точных и приближенных методов решения, таких, как: принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование, линейное и нелинейное программирование, различные комбинаторные методы, методы случайного поиска и др.

Это обусловлено рядом причин. Прежде всего названные методы и их параметры не настроены на условия конкретных задач, вследствие чего методы, хорошо зарекомендовавшие себя при решении задач одного вида, могут давать плохие результаты в случае задач иного вида или даже отдельных задач того же вида.

Далее практика показывает, что решение сложных оптимизационных задач, имеющих большую размерность (до сотен переменных), а также различные особенности (разрывные функции, сложные смешанные ограничения на фазовые и управляющие переменные и т. п.), даже на самых современных ЭВМ требует огромных затрат машинного времени.

□

В случае когда для математической модели объекта (которую можно назвать основной или базовой) сформулированную выше задачу решить известными методами затруднительно, а зачастую и невозможно, наряду с ней вводится серия (одна или несколько) упрощенных моделей. В каждой из них могут быть отражены и более подробно исследованы не все, а только некоторые свойства и характеристики базовой модели; при этом предполагается, что влияние остальных характеристик менее существенно.

Принципиальное отличие базовой модели от упрощенных (называемых оптимизационными) заключается в следующем: если решение в первой существующими методами за приемлемое время получить трудно или невозможно, то для вторых оптимальное управление определяется обязательно (за приемлемое время одним из существующих методов).

Переход от базовой модели к оптимизационным происходит в соответствии с определенными правилами. Каждое конкретное преобразование осуществляется на основе параметризации исходной задачи заданием набора дискретных управляющих параметров, полностью характеризующих это преобразование.

Правила преобразования могут предусматривать различные действия: декомпозицию исходной задачи (разбиение задачи на совокупность аналогичных задач меньшей размерности), линеаризацию функций (т. е. приближенное представление нелинейной функции линейными), отбрасывание части несущественных ограничений,

Рис. 1. Различные типы функций «полезности». Каждая из них, принимая положительные (при y больше b) или отрицательные (при y меньше b) значения, характеризует отношение к размеру «выигрыша» или соответственно «проигрыша» величины y. Так, при «объективном» отношении (кривая $(II—V)$ зависимость между функцией полезности и величиной критерия на всем диапазоне изменения последнего линейная; для «азартного» отношения $(I—IV)$ характерно уменьшение веса «проигрыша» и возрастание веса «выигрыша», а для «осторожного» отношения $(III—VI)$ — наоборот; при отношении «бедняка» $(III—IV)$ преувеличивается вес как «выигрыша», так и «проигрыша», а при отношении «богача» $(I—VI)$ преуменьшается вес и того и другого. Штриховые линии выделяют зоны, в которых по-разному оценивается качество процесса решения: A — зона «радости», B — «спокойствия», C — «неудовольствия», D — «страха». При попадании в конкретную зону на экране дисплея высвечиваются контуры лица с соответствующим выражением

уменьшение либо увеличение интервала интегрирования, разбиение его на отдельные участки, видоизменение критерия качества, замену дискретных переменных непрерывными и наоборот и т. п.

Все эти правила должны быть оформлены в виде отдельных алгоритмов и подпрограмм.

Параметрами, характеризующими преобразование, могут быть: номер способа преобразования, размерности оптимизационных моделей, длина интервала интегрирования и другие величины, выбираемые в зависимости от специфики конкретной задачи.

Алгоритмы для решения полученных оптимизационных задач также должны быть параметризованы. Параметрами, например, могут быть: номер метода решения, шаги интегрирования на определенных участках интервала, число таких участков, их длины, точность искомого решения и т. п. Решением каждой такой задачи будет соответствующее ей оптимальное управление.

Затем из полученных оптимальных управлений формируется пробное управление для базовой модели. Это делается также по определенным правилам, оформленным в виде параметризованных вычислительных алгоритмов (здесь используется еще один набор параметров).

Пробное управление поступает в базовую модель, и в ней решается задача Коши (интегрирование системы дифференциальных уравнений на всем временно́м интервале при заданных начальных условиях). В результате решения основной задачи в базовой модели определяется фазовая траектория (изменение состояния объекта в пространстве фазовых переменных) и вычисляются значения критерия, невязок, затраты машинного времени и другие величины, необходимые для последующей организации процесса обучения.

Здесь процесс решения опять-таки характеризуется своим набором управляющих параметров (номер метода интегрирования, значения прису-

щих ему параметров, шаг либо точность интегрирования, точность поиска невязок и др.).

В итоге мы получаем пробное решение основной задачи. При этом каждый этап его поиска характеризуется набором управляющих параметров, конкретные значения которых существенно влияют на ход решения.

Сложность обучающейся программы, включающей много различных функциональных блоков, заставляет нас оценивать качество самого процесса решения. Для этого вводятся дополнительные критерии.

В результате получается набор критериев, в который, помимо упоминавшегося критерия качества исходной задачи, входят общее машинное время ее решения; машинное время, расходуемое на получение одного пробного решения; величина, на которую изменяется критерий качества при переходе от одного пробного решения к другому и т. д.

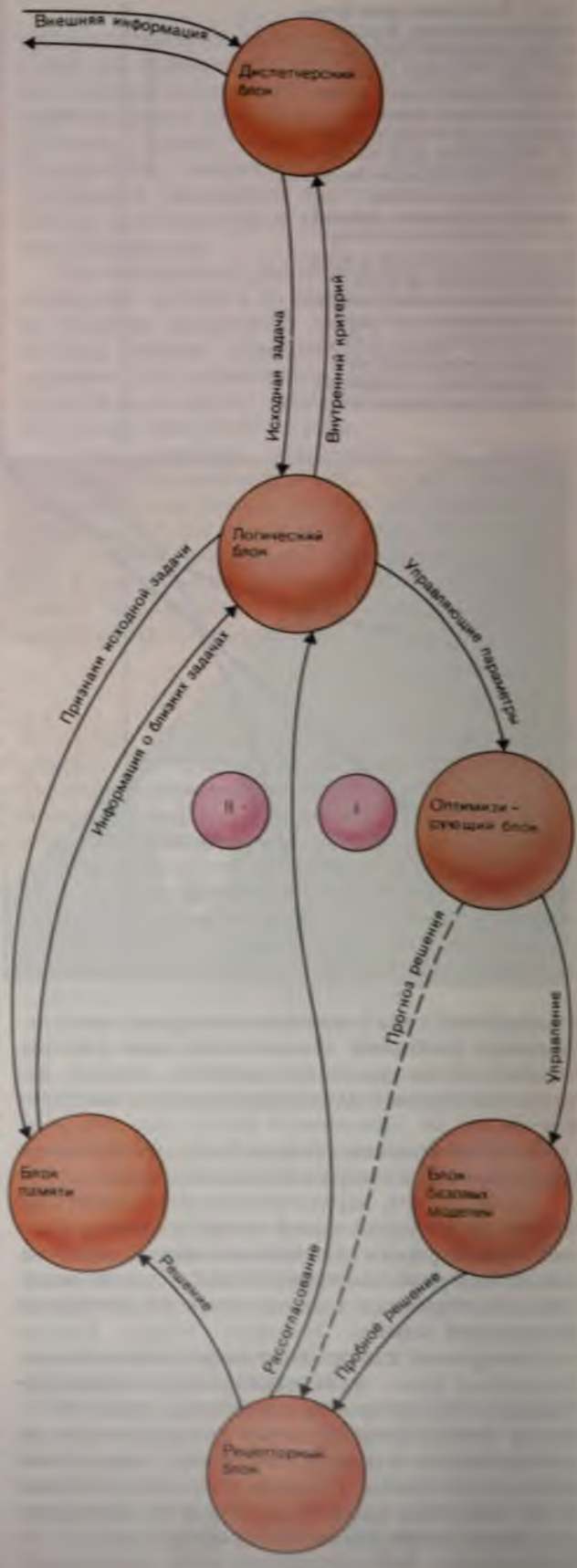
Для каждого критерия строится функция «полезности»* (рис. 1). Затем из функций «полезности» формируется критерий качества процесса решения (внутренний критерий), зависящий от управляющих параметров и учитывающий наряду с критерием исходной задачи (внешним критерием) затраты машинного времени и другие характеристики, отражающие качество решения.

Когда пробное решение в базовой модели найдено и требуемые величины (в том числе внутренний критерий) вычислены, вся необходимая для последующей организации процесса обучения информация регистрируется специальной памятью обучающейся программы. Дальнейший ход вычислительного процесса направлен на улучшение внутреннего критерия посредством выбора соответствующих значений управляющих параметров.

Таким образом, решение исходной задачи сводится к поиску таких значений управляющих параметров, которые максимизируют внутренний критерий, т. е. к оптимизационной задаче.

Для решения этой задачи разработан специальный алгоритм, позволяющий найти экстремум функции многих переменных на основе анализа и переработки хранящейся в памяти информации, т. е. обучения, и с помощью логических процедур принятия решений.

В запоминаемую информацию входят признаки задачи (или целого класса задач), управляющие параметры, результаты решения. Под признаками понимаются обобщенные величины, наиболее полно характеризующие решаемую задачу или



* Подробнее об этом см. статьи: *Дж. Дж. Келли, Дж. Л. Томпсон.* Влияние психологического отношения на исходы игр. — В кн.: Матричные игры. М., 1961; *В. С. Широколава.* Формирование «эмоционального» состояния системы для организации логических процедур поиска экстремума. — В кн.: Модели управляющих систем. В них рассматривается один из аспектов теории игр — связь функций полезности и психологического отношения игрока к размеру с [illegible] ыша (проигрыша).

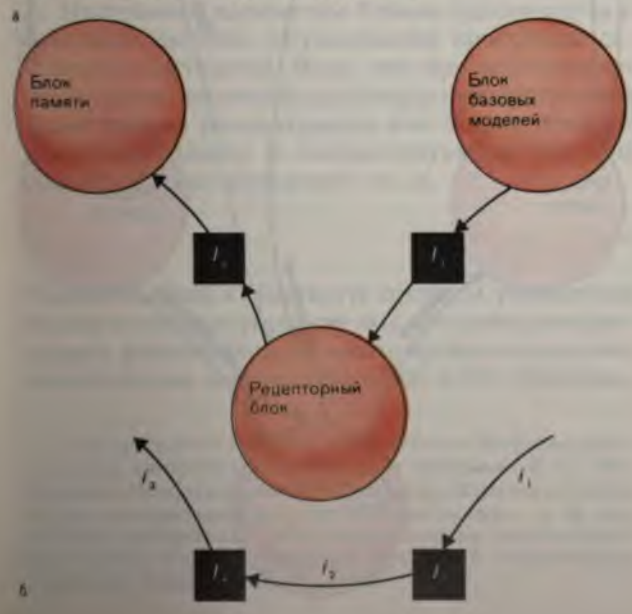
определенный класс подобных задач. Количество таких величин и их физический смысл зависят от вида и специфики конкретных задач. Результатами решения могут быть, например, значения оптимальных управлений, соответствующие им траектории, величины внешнего и внутреннего критериев, функции полезности.

□

На рис. 2 представлена схема взаимодействия основных частей (блоков) обучающейся программы. В контуре I приводится непосредственное решение задач в соответствии с описанным ранее алгоритмом. В контуре II анализируется, перерабатывается и отыскивается информация о предыдущих решениях с целью продуктивного ее использования для последующих решений в контуре I.

Рис. 2. Схема функционирования обучающейся программы. Кружками обозначены ее блоки, а стрелками — направления движения информации. Диспетчерский блок управляет остальными блоками (вызывает и размещает их в оперативной памяти ЭВМ, рационально распределяет между ними вычислительные ресурсы и т. д.) и обеспечивает внешние связи (ввод и вывод информации, диалог оператора с ЭВМ, внесение корректив в ход решения и т. п.). Логический блок осуществляет выбор наилучших значений управляющих параметров, вычисляет величины внутреннего критерия и запрашивает в блоке памяти информацию о задачах, близких по совокупности признаков к исходной. В блоке памяти хранится, обрабатывается и разыскивается необходимая информация по ассоциативному принципу. Оптимизирующий блок формирует оптимизационные модели, находит их управления, а также вырабатывает прогноз изменения фазовых переменных в базовой модели. Блок базовых моделей имитирует движение объекта в фазовом пространстве, т. е. решает задачу Коши в базовой модели. Рецепторный блок сравнивает вычисленные значения фазовых переменных с прогнозируемыми и выдает информацию об их рассогласовании

Рис. 3. Преобразование функциональной схемы в информационную. $I_1 I_2$ — накопители информации; i_1, i_2, i_3 — интенсивность работы блоков



Вначале, на стадии обучения, работает контур I; по мере накопления в памяти информации все чаще подключается контур II; при достаточной обученности программы преимущественно функционирует контур II.

Поскольку для сложных задач (а именно для них в первую очередь и предназначена обучающаяся программа) машинное время, расходуемое на один проход по контуру I, как правило, в десятки, сотни раз больше, чем по контуру II, такой подход позволяет существенно сократить общее машинное время, затрачиваемое на их решение.

Отметим, что в данной функциональной схеме нашли отражение требования, предъявляемые к программе при обучении (о них говорилось выше). Так, блок базовых моделей осуществляет связь с «внешней средой» — моделью объекта, диспетчерский (совместно с пользователем) — выступает в качестве «учителя», блок памяти выполняет функции памяти, а имманентное (внутренне присущее) стремление к обучению заложено в логическом блоке (что проявляется при формировании внутреннего критерия).

Схему, изображенную на рис. 2, можно представить и по-другому. Фактически стрелки между блоками можно считать накопителями информации.

На рис. 3*а* показан фрагмент схемы, на котором отмечены накопители I_1 (выходная информация блока базовых моделей и одновременно входная — для рецепторного) и I_2 (выходная информация рецепторного блока и входная — для блока памяти).

Процесс функционирования программы при этом интерпретируется как передача информации от одних блоков к другим. Поток информации в каждый момент времени может быть охарактеризован его интенсивностью, т. е. количеством информации, перерабатываемой в единицу времени.

Теперь фрагмент схемы выглядит так, как это показано на рис. 3*б*. Стрелками между накопителями изображается по существу функционирование блоков: i_1 — интенсивность работы блока базовых моделей, i_2 — рецепторного блока, i_3 — блока памяти.

Такая интерпретация схемы позволила свести функционирование программы к динамической оптимизационной задаче (ее критерием может быть, например, время выполнения программы) и решать ее с помощью той же самой обучающейся программы, разумеется, задав предварительно все необходимые данные и ограничения, учитывающие, в частности, особенности конкретной ЭВМ.

Таким образом, обучающаяся программа в

творяет следующему условию: из близости признаков должна следовать близость оптимальных значений управляющих параметров и наоборот.

Решение наиболее близкой задачи и соответствующий ему набор параметров служат начальным приближением решения новой задачи. В дальнейшем решение улучшается на основе анализа информации о других близких задачах, в результате чего находятся управляющие параметры, максимизирующие величину специально вводимого критерия качества управления. Выбор хорошего начального приближения и настройка параметров на конкретный вид задач существенно сокращают время их решения.

□

Замена реального объекта или процесса соответствующей ему математической моделью позволяет нам использовать для его изучения и анализа универсальные математические методы, не зависящие от его физической природы и конкретного вида. В математической модели необходимо отобразить все, что нам известно о свойствах и правилах функционирования объекта, в виде уравнений, неравенств, логических условий и т. п.

Многие исследуемые объекты (процессы) по сути своей управляемы. Целенаправленное воздействие на них (управление) может осуществляться различными способами. Если известна цель управления или, другими словами, сформулирован критерий качества управления, то тогда мы имеем дело с постановкой и решением оптимизационной задачи, которая в общем виде выглядит следующим образом: среди всех возможных управлений найти такое, которое переводит объект из исходного состояния в требуемое с наилучшим значением критерия качества. Искомое управление, доставляющее экстремум (максимум либо минимум в зависимости от смысла задачи) критерию, и называют оптимальным.

В нашем случае речь идет о функционировании объекта на некотором интервале времени и оптимизационная задача может быть сформулирована так: найти управляющие воздействия, при которых критерий качества, зависящий от фазовых переменных (т. е. переменных, определяющих состояние объекта в каждый момент времени), от управлений и интервала времени, принимает экстремальное значение; при этом функционирование объекта описывается дифференциальными уравнениями, заданы исходные значения фазовых переменных (исходное фазовое состояние) и допускаются ограничения на фазовые переменные и управления, записываемые в виде равенств и неравенств. Цель управления отражена в стремлении достичь экстремальной величины критерия качества в конечный момент времени.

Решение сложных оптимизационных задач во многих случаях сопряжено с большими трудностями как принципиального, так и вычислительного характера,несмотря на то, что для этого разработано много точных и приближенных методов решения, таких, как: принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование, линейное и нелинейное программирование, различные комбинаторные методы, методы случайного поиска и др.

Это обусловлено рядом причин. Прежде всего названные методы и их параметры не настроены на условия конкретных задач, вследствие чего методы, хорошо зарекомендовавшие себя при решении задач одного вида, могут давать плохие результаты в случае задач иного вида или даже отдельных задач того же вида.

Далее практика показывает, что решение сложных оптимизационных задач, имеющих большую размерность (до сотен переменных), а также различные особенности (разрывные функции, сложные смешанные ограничения на фазовые и управляющие переменные и т. п.), даже на самых современных ЭВМ требует огромных затрат машинного времени.

□

В случае когда для математической модели объекта (которую можно назвать основной или базовой) сформулированную выше задачу решить известными методами затруднительно, а зачастую и невозможно, наряду с ней вводится серия (одна или несколько) упрощенных моделей. В каждой из них могут быть отражены и более подробно исследованы не все, а только некоторые свойства и характеристики базовой модели; при этом предполагается, что влияние остальных характеристик менее существенно.

Принципиальное отличие базовой модели от упрощенных (называемых оптимизационными) заключается в следующем: если решение в первой существующими методами за приемлемое время получить трудно или невозможно, то для вторых оптимальное управление определяется обязательно (за приемлемое время одним из существующих методов).

Переход от базовой модели к оптимизационным происходит в соответствии с определенными правилами. Каждое конкретное преобразование осуществляется на основе параметризации исходной задачи заданием набора дискретных управляющих параметров, полностью характеризующих это преобразование.

Правила преобразования могут предусматривать различные действия: декомпозицию исходной задачи (разбиение задачи на совокупность аналогичных задач меньшей размерности), линеаризацию функций (т. е. приближенное представление нелинейной функции линейными), отбрасывание части несущественных ограничений,

Рис. 4. «Двухъярусная» схема использования обучающейся программы. Во внутреннем ярусе решается исходная (внешняя) задача, размещенная в блоке базовых моделей. Во внешнем — осуществляется оптимальная настройка (в соответствии с внутренним критерием) блоков внутреннего яруса

данном случае находит несколько неожиданное применение: она используется для автоматизированного синтеза программ, задаваемых своими информационными схемами*.

Отметим еще одно важное свойство обучающейся программы: она универсальна (ее рабочее название — «универсальный моделятор») по отношению к различным классам задач (классам базовых моделей). Это связано с тем, что ее основные блоки остаются неизменными при решении различных по физической природе и по математической постановке задач.

Как уже говорилось, сам процесс решения любой оптимизационной задачи с помощью обучающейся программы сводится также к оптимизационной задаче (к поиску экстремума внутреннего критерия). Следовательно, для решения последней также может быть применена обучающаяся программа. В результате получается «двухъярусная» схема ее использования (рис. 4).

Во внутреннем ярусе непосредственно решается исходная задача (по схеме, изображенной на рис. 2). После нахождения решения внешний ярус настраивает параметры блоков внутреннего яруса в соответствии со своим (внутренним) критерием качества (им может быть, как уже говорилось, время решения исходной задачи). Следует отметить, что блоки внутреннего и внешнего ярусов могут реализовываться одной и той же программой, меняется лишь информация, поступающая на входы блоков, которая и определяет функциональную принадлежность последних соответствующему ярусу.

Настраивая параметры блоков одного яруса с помощью другого, обучающаяся программа самосовершенствуется. Ясно, что при необходимости функционирование двухъярусной программы также можно рассматривать как новую оптимизационную задачу и соответствующим образом строить для нее третий ярус и т. д.

□

Разработанный в Институте проблем управления подход и соответствующая ему обучающаяся программа реализована на многопроцессорных вычислительных системах ПС-2000 и ПС-3000 (рис.

Рис. 5. Решение задачи магистрального кровообращения на вычислительной системе ПС-2000: один из операторов ведет диалог с обучающейся программой, другой следит за ходом решения

5), которые способны динамически адаптировать вычислительные ресурсы к алгоритмам решения задач*. Эффективность обучающейся программы на ЭВМ типа ПС повышается, в частности, за счет широкого использования принципов параллелизма и перестраиваемости.

Обучение позволяет резко сократить объем вычислений для исходной задачи, выбрать наилучшие алгоритмы ее решения и определить оптимальный план обмена информацией между оперативной и внешней памятью вычислительной системы. Для сложных уникальных задач, формализованный анализ которых в настоящее время невозможен, обучение может осуществляться в процессе их решения. При этом пробные решения генерируются автоматически, а затем отбираются и оптимально стыкуются наилучшие их части.

Метод обучения, о котором говорилось выше, в корне меняет подход к ориентации вычислительной системы на эффективное решение тех или иных классов оптимизационных задач. Система ориентируется на нужный класс задач не столько за счет изменения ее архитектуры и структуры (как это обычно принято), сколько на основе обучения, что позволяет все более точно находить приближенные решения и улучшать

---

* Подробнее об этом см.: *Ю. М. Фаткин.* Информационная схема алгоритма и оптимизация программ; *В. С. Широколава.* Использование информационной схемы алгоритма для автоматического синтеза программы. — В кн.: **Вопросы кибернетики.** Многопроцессорные вычислительные системы с перестраиваемой структурой (Архитектура. Структура. Применения). М., 1981.

* См.: *В. А. Трапезников, И. В. Прангишвили, А. А. Новохатний, В. В. Резанов.* Экспедиционные геофизические вычислительные комплексы на базе многопроцессорной ЭВМ ПС-2000; *И. В. Прангишвили.* Применение микропроцессоров в приборостроении. — Приборы и системы управления, 1981, № 2.

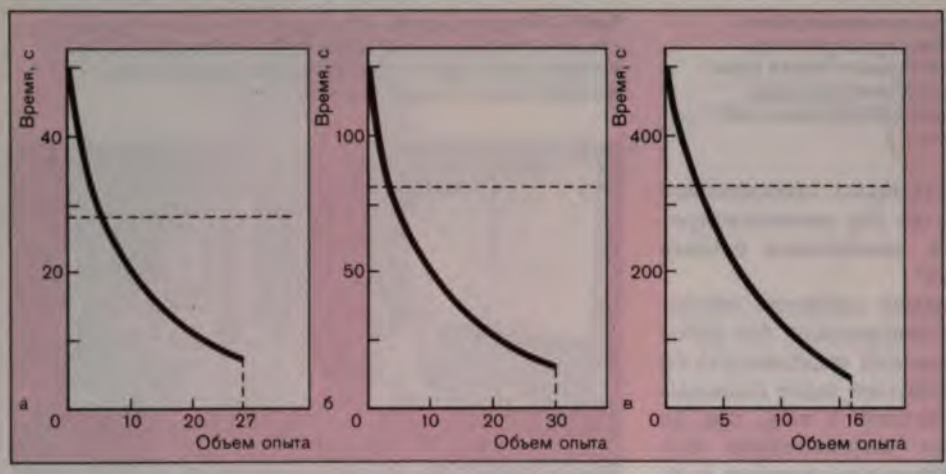


Рис. 6. Зависимость среднего машинного времени, необходимого для решения одной задачи, от объема накопленного опыта (числа решенных задач данного типа) с использованием (сплошная линия) и без использования (штриховая) обучающейся программы: *а* — 6-отраслевая модель (время обучения — 150 с); *б* — 12-продуктовая модель (время обучения — 280 с); *в* — 29-отраслевая модель (время обучения — 3200 с)

параметры, оптимизирующие вычислительный процесс.

На однопроцессорной ЭВМ обучающаяся программа ускоряет процесс решения сложных оптимизационных задач в 5—10 раз; на многопроцессорной выигрыш во времени увеличивается с ростом числа процессоров. Так, в системе ПС-2000, состоящей из 32 процессоров, время решения сокращается примерно в 30 раз, т. е. практически пропорционально их числу. При этом производительность 8-процессорной системы достигает 25 млн. операций типа сложения в секунду, а максимальной 64-процессорной — 200 млн.

Из сказанного вытекает, что за счет перестраиваемости структуры и использования обучающейся программы система ПС-2000 (несмотря на то, что ее процессоры могут выполнять одновременно лишь одни и те же команды) способна эффективно решать задачи, которые ранее были практически не решаемыми.

□

С помощью разработанной в Институте программы решено большое число сложных задач из различных областей техники, экономики, медицины, архитектуры, в частности три серии задач экономического управления, задачи стабилизации среднего артериального давления в модели сердечно-сосудистой системы, обезуглероживания расплава в процессе выплавки стали, оптимальной компоновки архитектурных сооружений, конструирования оптимальной формы технического документа и др.

В задачах экономического управления изучались две динамические модели межотраслевого баланса, описываемые соответственно системами из 6 и 29 линейных дифференциальных уравнений (6- и 29-отраслевые модели), а также модель внутризаводского межцехового планирования, описываемая системой из 12 линейных дифференциальных уравнений (12-продуктовая модель).

Рис. 7. Структурная схема модели кровообращения (гемодинамики). Сердечно-сосудистая система представлена замкнутой неразветвленной гидравлической системой, состоящей из десяти последовательно соединенных эластичных резервуаров: два из них (*1* и *6*) выполняют функции насосов (левый и правый желудочки сердца); остальные отображают малый (*7, 8, 9, 10*) и большой (*2, 3, 4, 5*) круги кровообращения. Допускается возможность моделирования кровопотери (из резервуара *2*) и крововосполнения (с помощью капельницы в резервуар *5*). Цифры около стрелок — объем крови (миллилитры) в соответствующем резервуаре в исходный момент времени; цифры над или под резервуаром — текущий объем крови в нем. Заштрихованная часть каждого резервуара показывает, насколько он заполнен при данном значении текущего объема. Рисунок получен с помощью графопостроителя

Отличительная особенность этих трех серий задач состоит в том, что математически они формулируются в виде систем линейных дифференциальных уравнений с линейным критерием качества и со смешанными ограничениями на фазовые переменные и управления. Решение подобных задач, как правило, сопряжено с большими вычислительными трудностями.

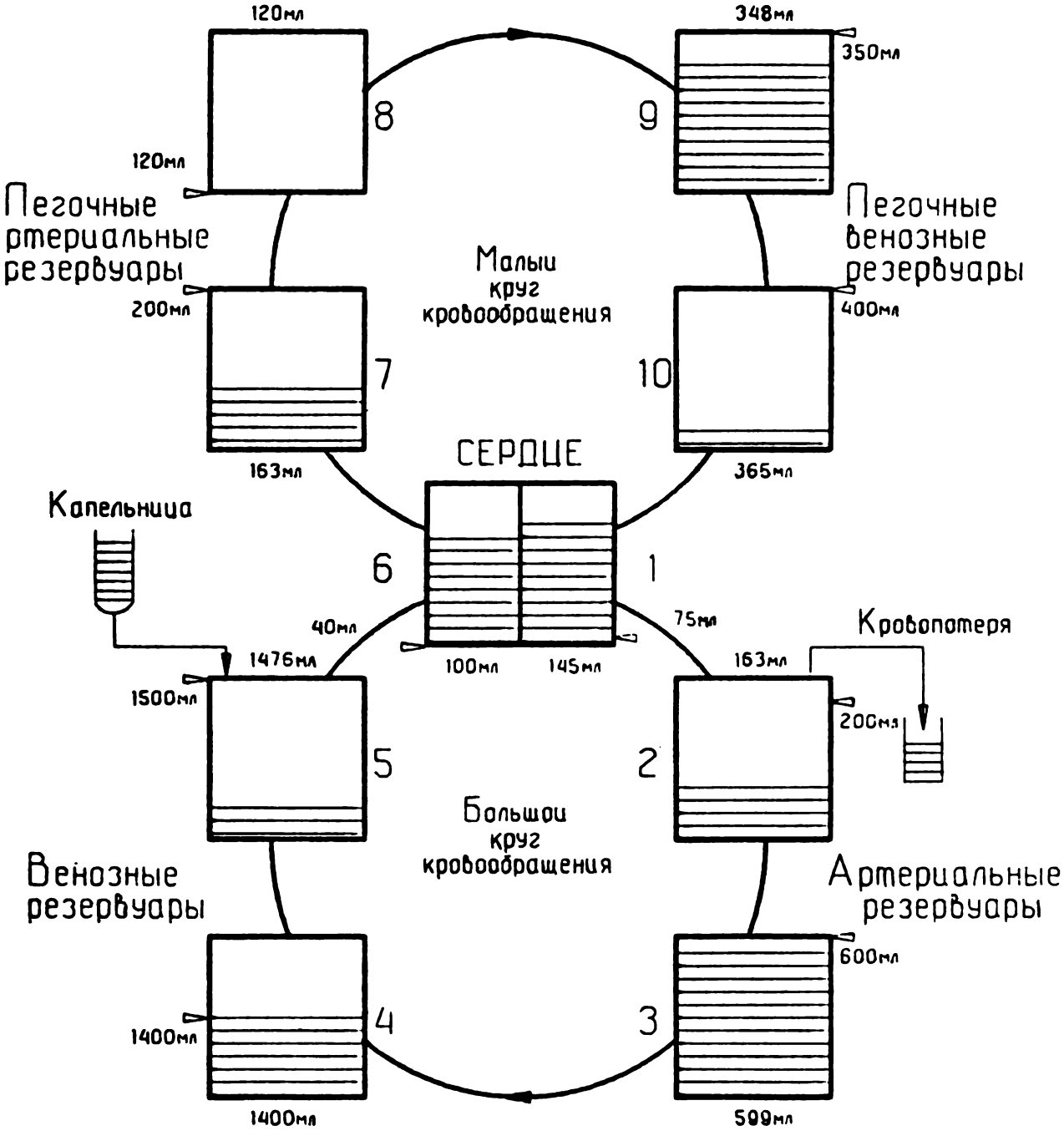
Поиск решения во всех трех случаях представляет собой процесс последовательных приближений, при котором базовая модель путем декомпозиции разбивается на ряд оптимизационных моделей меньшей размерности.

Признаками задач были начальные значения фазовых переменных и величина интервала планирования; управляющими параметрами — количество оптимизационных моделей, их размерность, число этапов в процедуре декомпозиции, число участков при разбиении интервала планирования, точность метода интегрирования и др.

Процесс обучения для каждой серии осуществлялся на обучающей последовательности задач, которая формировалась путем изменения значений признаков с помощью датчика случайных чисел. Результаты решения запоминались. По мере заполнения памяти периодически решалось несколько (3—5) контрольных задач того же класса, причем в этом случае информация в

МОДЕЛЬ ГЕМОДИНАМИКИ

<Кадр23>



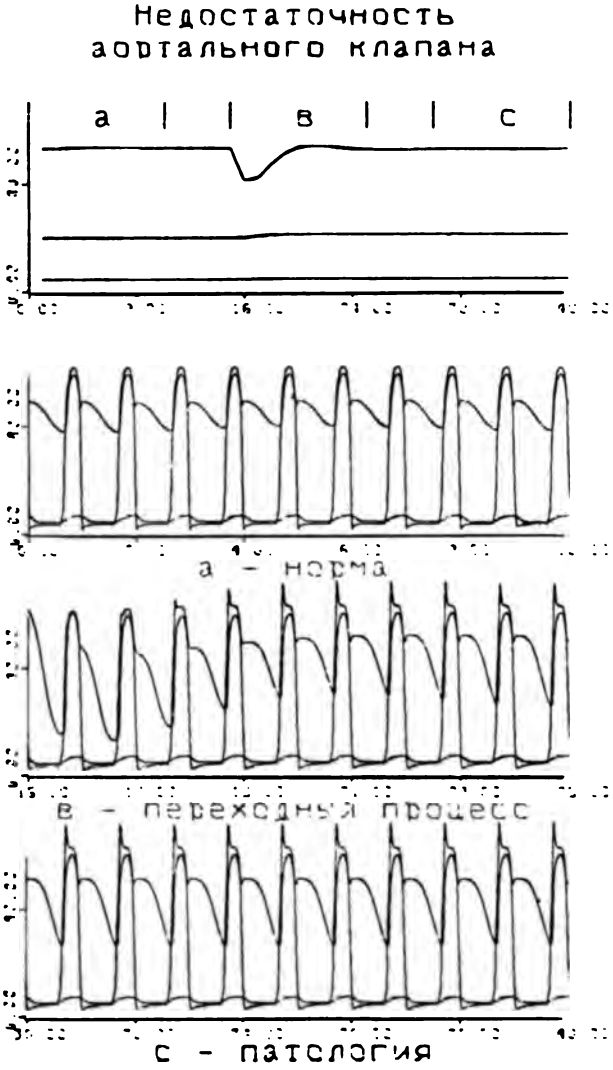


Рис. 8. Результаты моделирования аортальной недостаточности (графопостроитель). Верхний график — зависимости средних значений (сверху вниз) давления в левом желудочке, артериального, в левом предсердии (в миллиметрах ртутного столба) от времени (в секундах). Интервалы времени соответствуют следующим режимам кровообращения: *а* — нормальный; *в* — переходный, начинающийся при «включении» (на 15-й секунде) моделируемой патологии; *с* — вновь установившийся, соответствующий аортальной недостаточности. Остальные графики — зависимости мгновенных значений тех же давлений от времени на интервалах *а*, *в* и *с*

Рис. 9. Кадры кинограммы пульсирующего сердца; их номера — 1, 11, 21, 31, 41, 51 (графопостроитель). С помощью подсистемы графического обеспечения обучающейся программы необходимая пользователю информация может быть выведена в форме кинограммы, кадры которой появляются на экране дисплея в темпе работы модели или по желанию пользователя вычерчиваются на графопостроителе

память не записывалась. Для сравнения те же контрольные задачи решались без применения обучающейся программы.

Графики, приведенные на рис. 6, показывают, что вначале, когда происходит настройка управляющих параметров (работает контур I) и накоплено еще мало опыта, время решения контрольных задач с помощью обучающейся программы больше, чем без нее. Это время по ходу обучения (подключается контур II) уменьшалось и к концу обучения (преимущественно работает контур II) было для каждой из моделей соответственно в 4, 6 и 8 раз меньше, чем при решении тех же задач без использования обучающейся программы.

Из графиков видно также, что с увеличением размерности и сло[illegible]дач растет время, затрачи[illegible]а [illegible]ато и выигрыш при э[illegible]. С[illegible]ча решалась в трех [illegible]4, накоплен-ными [illegible]х и 12-про-

дуктовых задач, и без него. В первых двух случаях в процессе решения в качестве начального приближения использовались полученные на сериях значения управляющих параметров, что привело к значительному сокращению временны́х затрат, которые соответственно составили 146 и 98 с, а в третьем случае — 321.

Учитывая, что среднее время решения 6-отраслевой или 12-продуктовой задачи гораздо меньше, чем 29-отраслевой, такой подход к обучению представляется весьма перспективным.

Функционирование обучающейся программы, как уже говорилось, опирается на математическую модель исследуемого объекта (базовую модель). Но построить такую модель для сложных объектов подчас непросто.

Один из путей ее построения — объединение подмоделей составных частей объекта. Однако и здесь возникают большие трудности, связанные в первую очередь с недостатком информации о взаимосвязях элементов объекта.

Иногда построение математических моделей может быть сведено к оптимизационным задачам, что позволяет использовать для него обучающую программу.

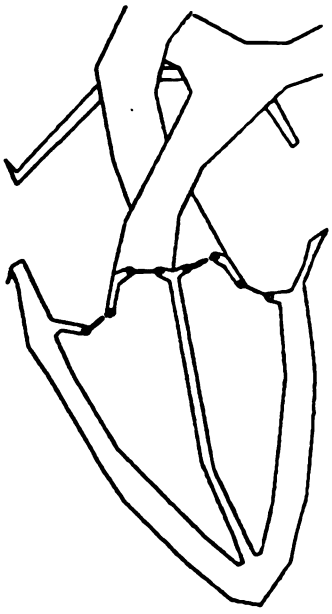
В Институте проблем управления с ее помощью, в частности, была разработана модель магистрального кровообращения, объединившая математические подмодели элементов сердечно-сосудистой системы и описываемая системой 16 обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений (рис. 7).

Решение на ЭВМ задачи Коши для этой модели дает возможность определить мгновенное давление крови в любом из резервуаров, их объемы и потоки крови из них, интегральные характеристики кровообращения: минутный объем крови, среднее артериальное давление, среднее периферическое сопротивление сосудов и др.

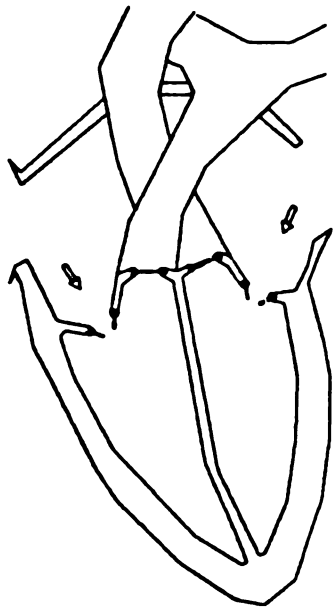
Для удобства работы в обучающуюся программу включена подсистема графического обес-

КИНОГРАММА ПУЛЬСОВОГО УДАРА

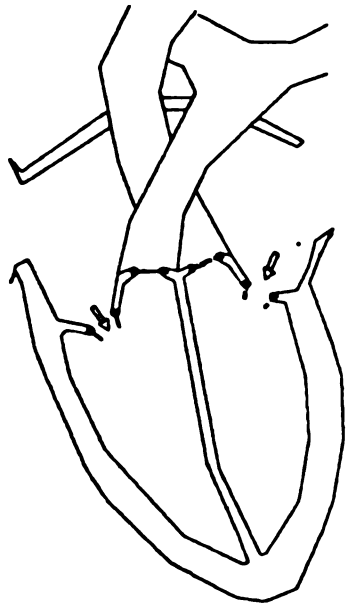
Кадр1



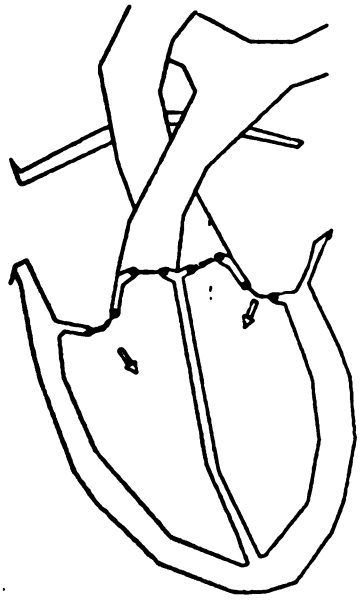
Кадр11



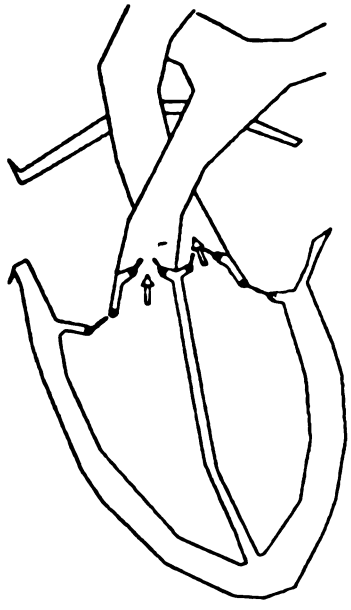
Кадр21



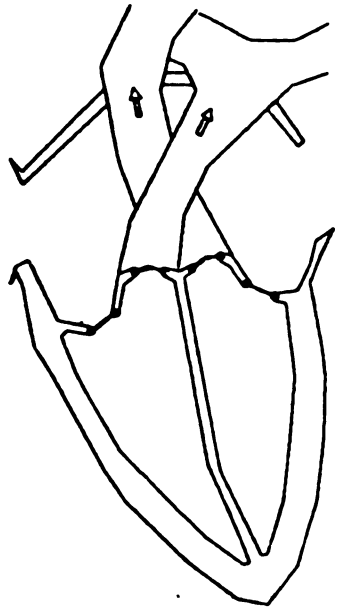
Кадр31



Кадр41



Кадр51



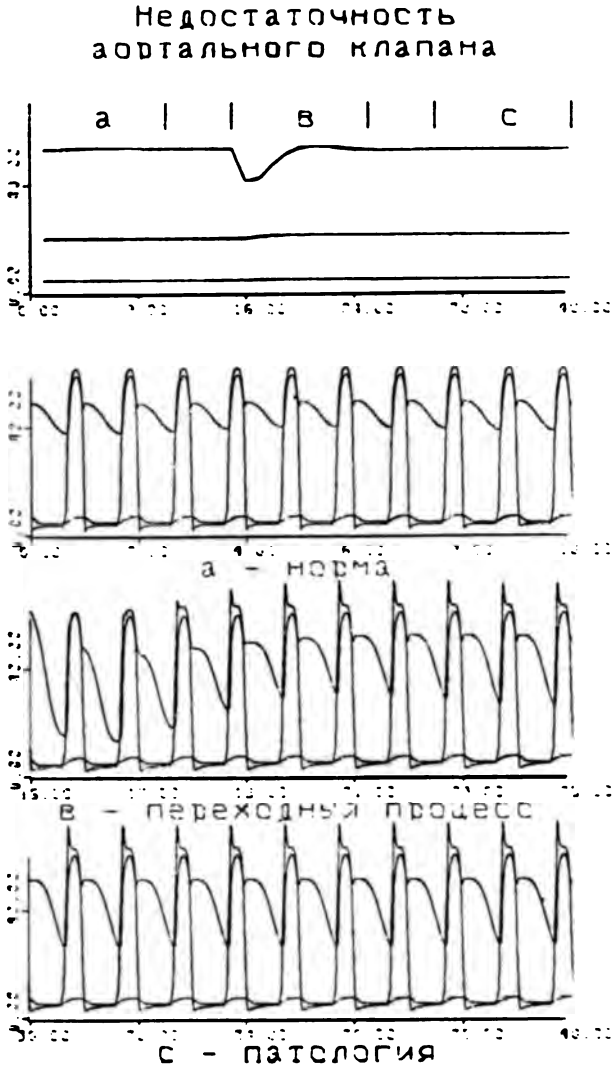


Рис. 8. Результаты моделирования аортальной недостаточности (графопостроитель). Верхний график — зависимости средних значений (сверху вниз) давления в левом желудочке, артериального, в левом предсердии (в миллиметрах ртутного столба) от времени (в секундах). Интервалы времени соответствуют следующим режимам кровообращения: *а* — нормальный; *в* — переходный, начинающийся при «включении» (на 15-й секунде) моделируемой патологии; *с* — вновь установившийся, соответствующий аортальной недостаточности. Остальные графики — зависимости мгновенных значений тех же давлений от времени на интервалах *а*, *в* и *с*

Рис. 9. Кадры кинограммы пульсирующего сердца; их номера — 1, 11, 21, 31, 41, 51 (графопостроитель). С помощью подсистемы графического обеспечения обучающейся программы необходимая пользователю информация может быть выведена в форме кинограммы, кадры которой появляются на экране дисплея в темпе работы модели или по желанию пользователя вычерчиваются на графопостроителе

память не записывалась. Для сравнения те же контрольные задачи решались без применения обучающейся программы.

Графики, приведенные на рис. 6, показывают, что вначале, когда происходит настройка управляющих параметров (работает контур I) и накоплено еще мало опыта, время решения контрольных задач с помощью обучающейся программы больше, чем без нее. Это время по ходу обучения (подключается контур II) уменьшалось и к концу обучения (преимущественно работает контур II) было для каждой из моделей соответственно в 4, 6 и 8 раз меньше, чем при решении тех же задач без использования обучающейся программы.

Из графиков видно также, что с увеличением размерности и сложности задач растет время, затрачиваемое на обучение, но зато и выигрыш при этом становится значительнее.

Одна и та же 29-отраслевая задача решалась в трех различных вариантах: с опытом, накопленным раздельно на сериях 6-отраслевых и 12-продуктовых задач, и без него. В первых двух случаях в процессе решения в качестве начального приближения использовались полученные на сериях значения управляющих параметров, что привело к значительному сокращению временных затрат, которые соответственно составили 146 и 98 с, а в третьем случае — 321.

Учитывая, что среднее время решения 6-отраслевой или 12-продуктовой задачи гораздо меньше, чем 29-отраслевой, такой подход к обучению представляется весьма перспективным.

Функционирование обучающейся программы, как уже говорилось, опирается на математическую модель исследуемого объекта (базовую модель). Но построить такую модель для сложных объектов подчас непросто.

Один из путей ее построения — объединение подмоделей составных частей объекта. Однако и здесь возникают большие трудности, связанные в первую очередь с недостатком информации о взаимосвязях элементов объекта.

Иногда построение математических моделей может быть сведено к оптимизационным задачам, что позволяет использовать для него обучающую программу.

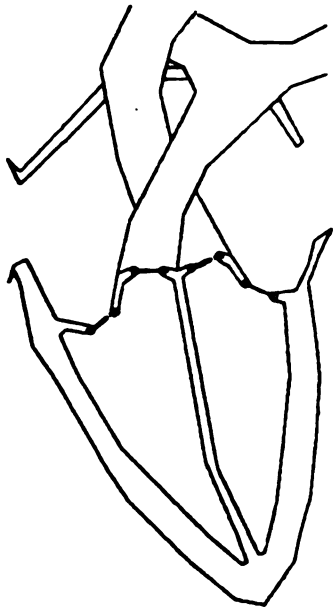
В Институте проблем управления с ее помощью, в частности, была разработана модель магистрального кровообращения, объединившая математические подмодели элементов сердечно-сосудистой системы и описываемая системой 16 обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений (рис. 7).

Решение на ЭВМ задачи Коши для этой модели дает возможность определить мгновенное давление крови в любом из резервуаров, их объемы и потоки крови из них, интегральные характеристики кровообращения: минутный объем крови, среднее артериальное давление, среднее периферическое сопротивление сосудов и др.

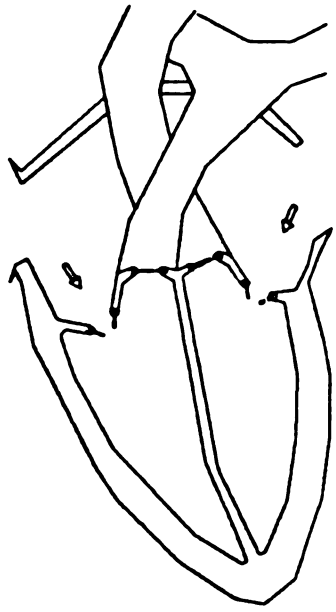
Для удобства работы в обучающуюся программу включена подсистема графического обес-

КИНОГРАММА ПУЛЬСОВОГО УДАРА

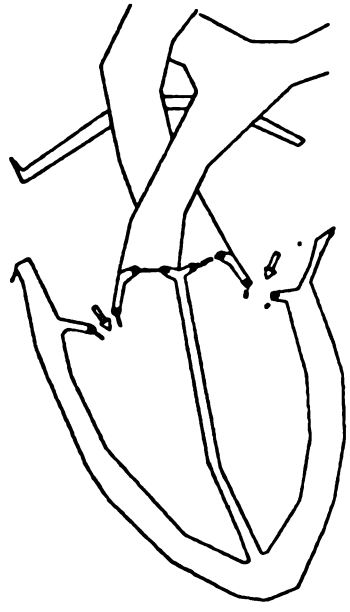
Кадр1



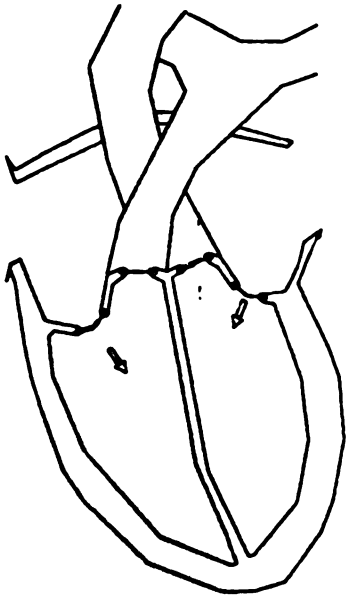
Кадр11



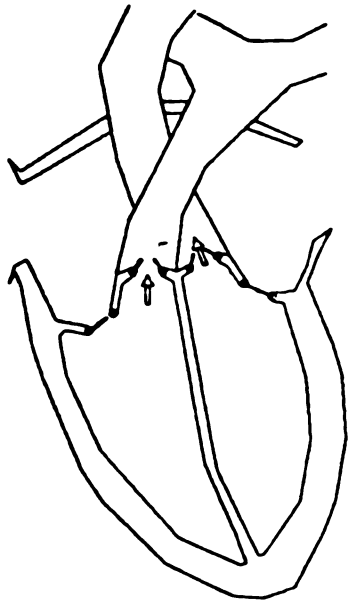
Кадр21



Кадр31



Кадр41



Кадр51

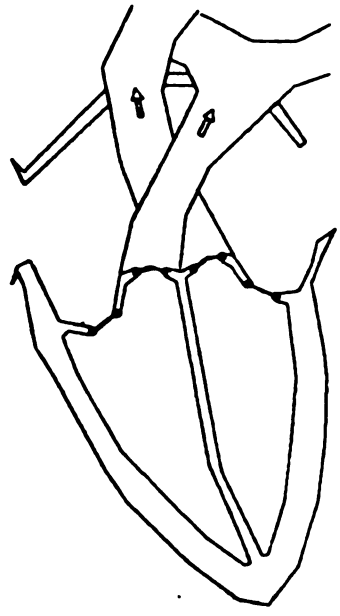
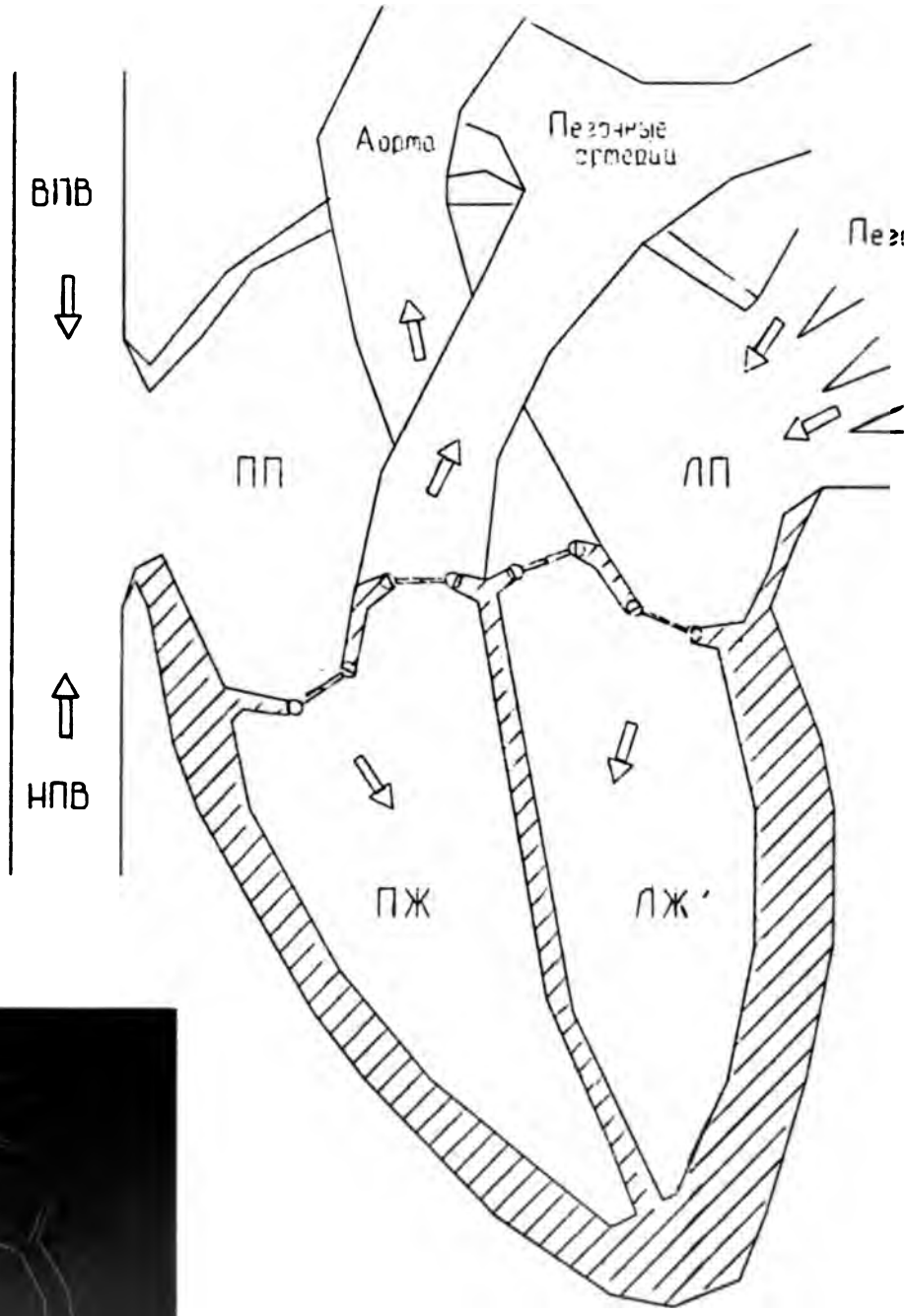


Рис. 10. Детализированный кадр № 31 кинограммы, показанной на рис. 9 (графопостроитель). ЛЖ и ПЖ — левый и правый желудочки, ЛП и ПП — левое и правое предсердие, НПВ и ВПВ — нижние и верхние полые вены

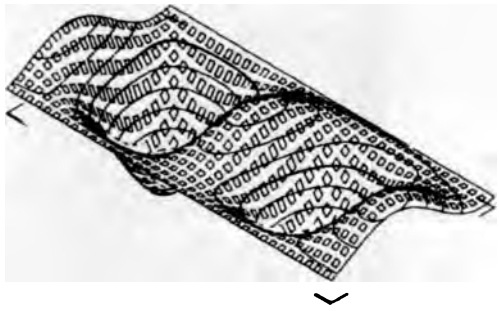
Рис. 11. Кадр кинограммы (см. рис. 9), выведенный на экран дисплея. Красная стрелка — направление движения артериальной крови, синяя — венозной

Рис. 12. Фрагмент кинограммы электрических потенциалов сердца (развертка потенциалов на поверхности сердца, графопостроитель). Величина потенциалов задана высотой над плоскостью (обозначена уголками), в которой размещена двумерная проекция сферы (последней приближенно представлено сердце). На каждом кадре справа — вид спереди, слева — сзади

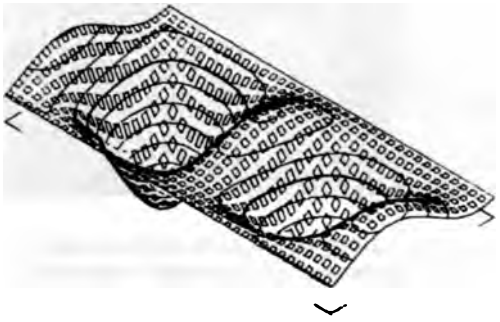


КИНОГРАММА ПОТЕНЦИАЛОВ СЕРДЦА

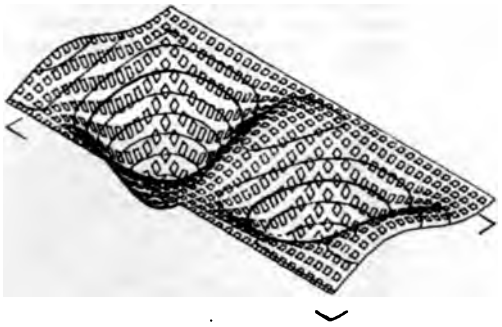
Кадр 17



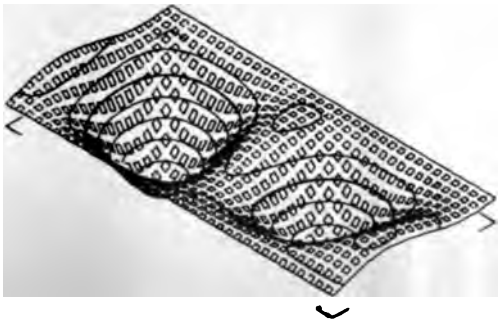
Кадр 18



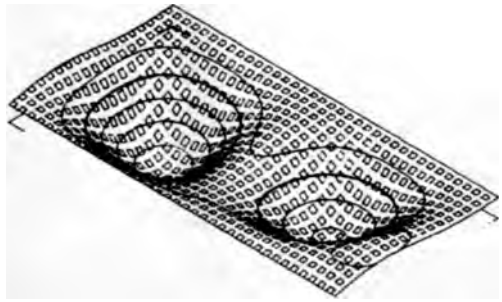
Кадр 19



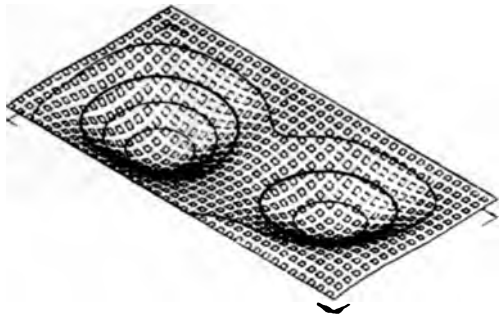
Кадр 26



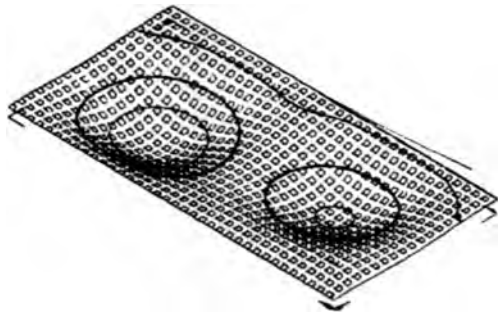
Кадр 21



Кадр 22



Кадр 23



Кадр 24

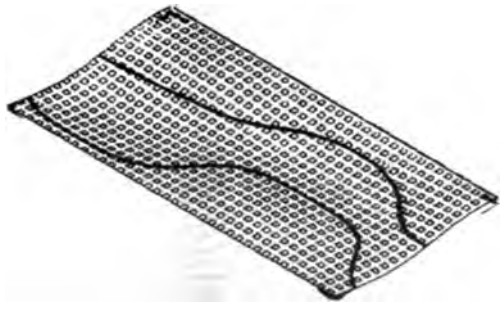
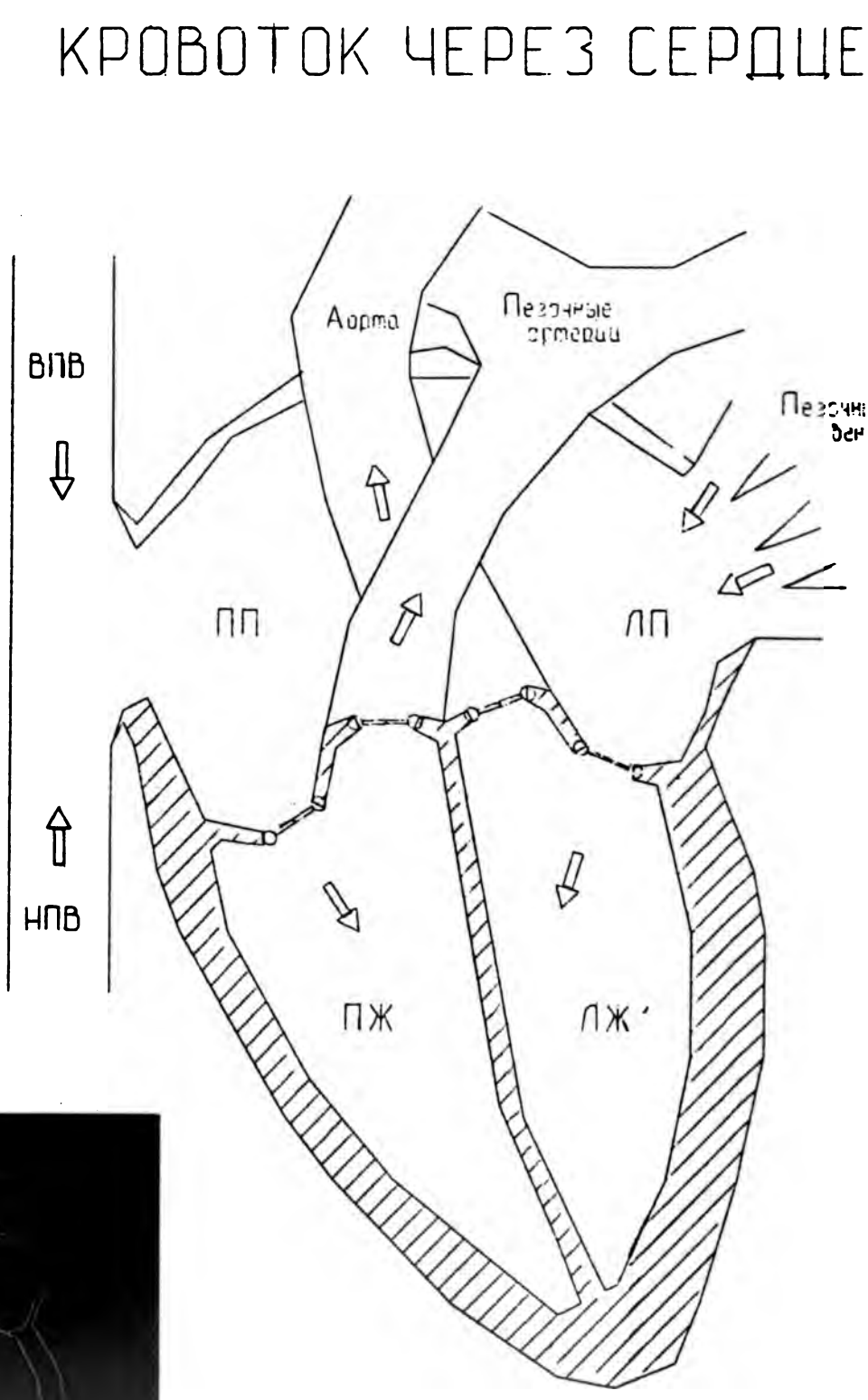


Рис. 10. Детализированный кадр № 31 кинограммы, показанной на рис. 9 (графопостроитель). ЛЖ и ПЖ — левый и правый желудочки, ЛП и ПП — левое и правое предсердие, НПВ и ВПВ — нижние и верхние полые вены

Рис. 11. Кадр кинограммы (см. рис. 9), выведенный на экран дисплея. Красная стрелка — направление движения артериальной крови, синяя — венозной

Рис. 12. Фрагмент кинограммы электрических потенциалов сердца (развертка потенциалов на поверхности сердца, графопостроитель). Величина потенциалов задана высотой над плоскостью (обозначена уголками), в которой размещена двумерная проекция сферы (последней приближенно представлено сердце). На каждом кадре справа — вид спереди, слева — сзади



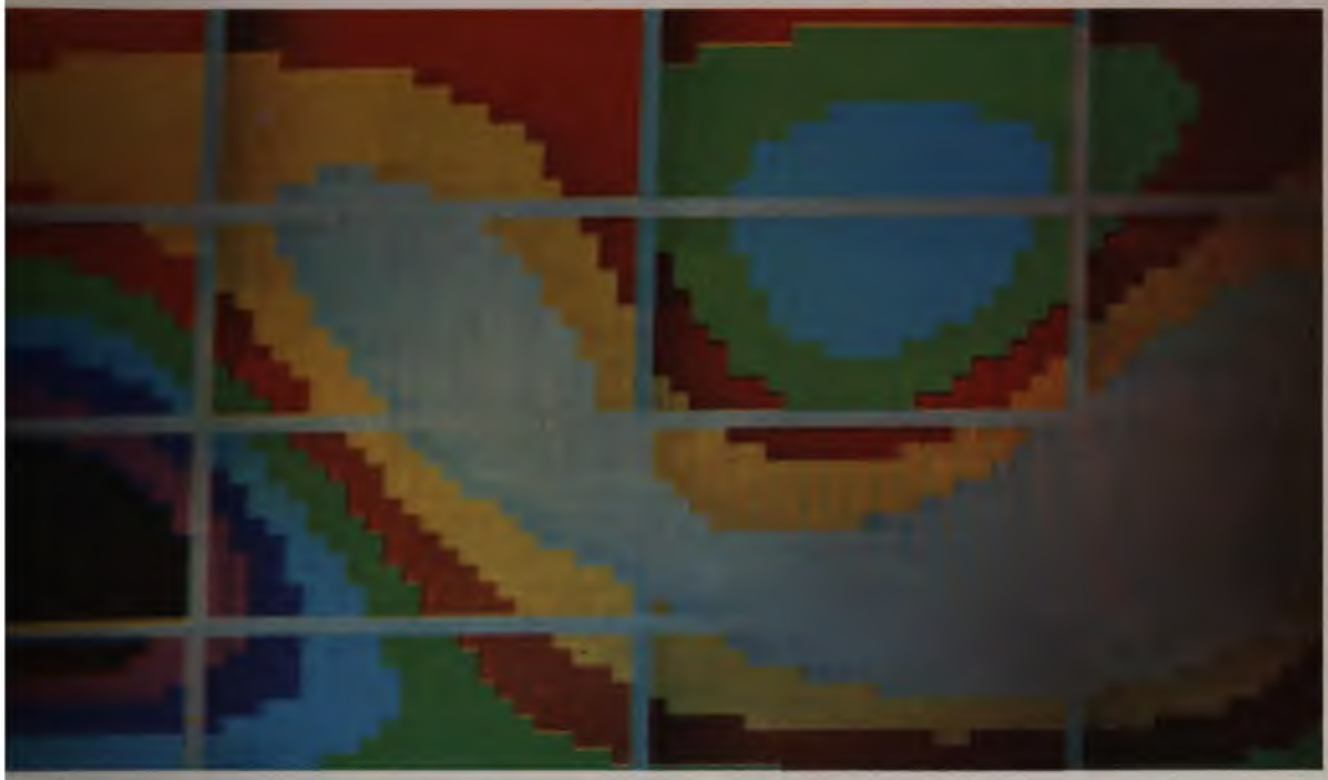


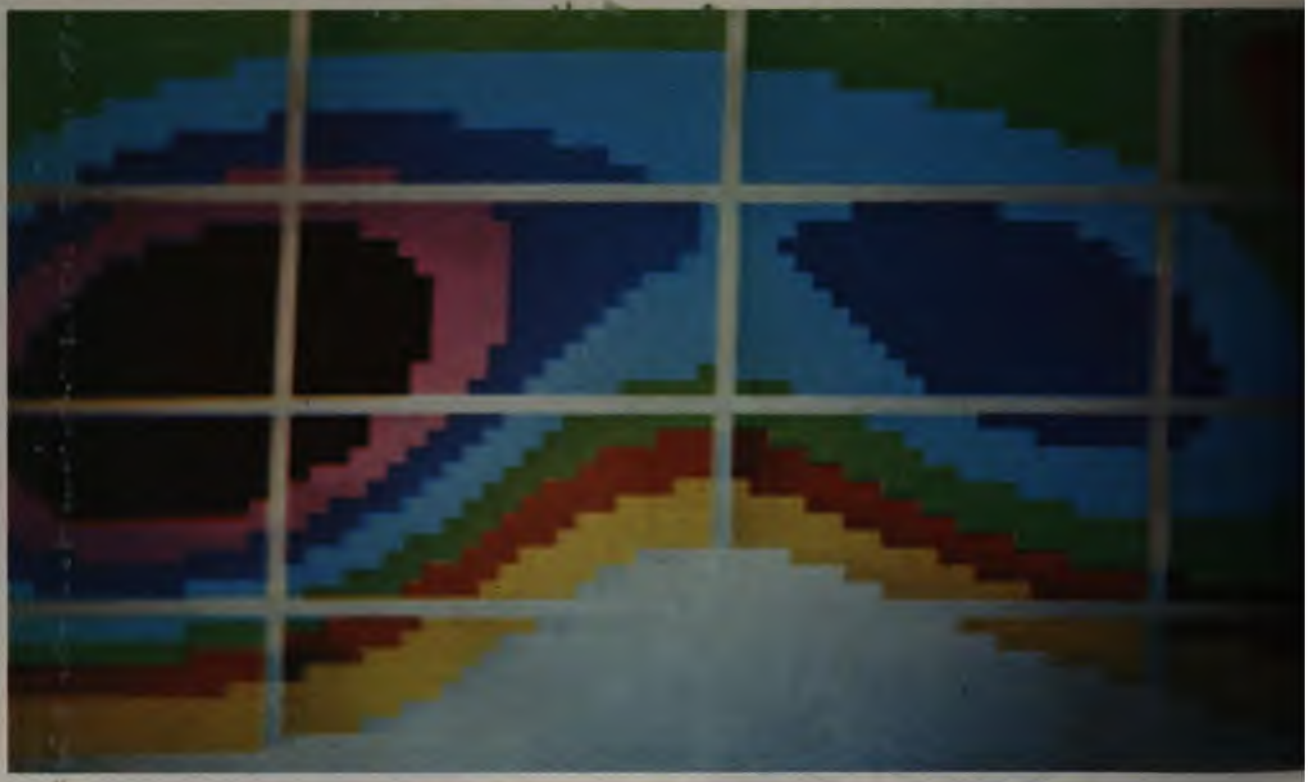
Рис. 14. Кадры кинограмм электрических потенциалов сердца в развернутой прямоугольной проекции (экран дисплея). Различным величинам потенциала соответствуют разные цвета. Слева нормальное функционирование, справа — патология

Рис. 15. Кадр кинограммы электрических потенциалов сердца в сферической проекции (экран дисплея). Различным величинам потенциала соответствуют разные цвета

т. е. при расслаблении предсердий и желудочков сердца, см. рис. 8), выявляются отрицательные явления, сопровождающие данную патологию: уменьшение минутного объема крови из-за увеличения конечнодиастолического объема левого желудочка приводит к ухудшению снабжения органов и тканей кислородом и питательными веществами; появляются пиковые нагрузки на сердечную мышцу в систолической фазе (сокращение) сердечного цикла.

С помощью ЭВМ можно проследить весьма информативное для специалиста динамическое изменение электрических потенциалов сердца (измеренное на поверхности тела распределение электрического потенциала по определенной методике пересчитывается на поверхность сердца). Рис. 12, 13, 15 демонстрируют работу нормального сердца. Ясно, что динамика электрических потенциалов должна быть увязана с гидравлическими характеристиками работающего сердца.

Обучающаяся программа оказалась достаточно эффективной для решения таких задач, сложность и громоздкость которых очень затрудняют их анализ традиционными методами. Помимо упомянутых выше, к подобным задачам относятся задачи, связанные с распознаванием образов, автоматизацией научных экспериментов, проектированием сложных объектов, и многие другие.

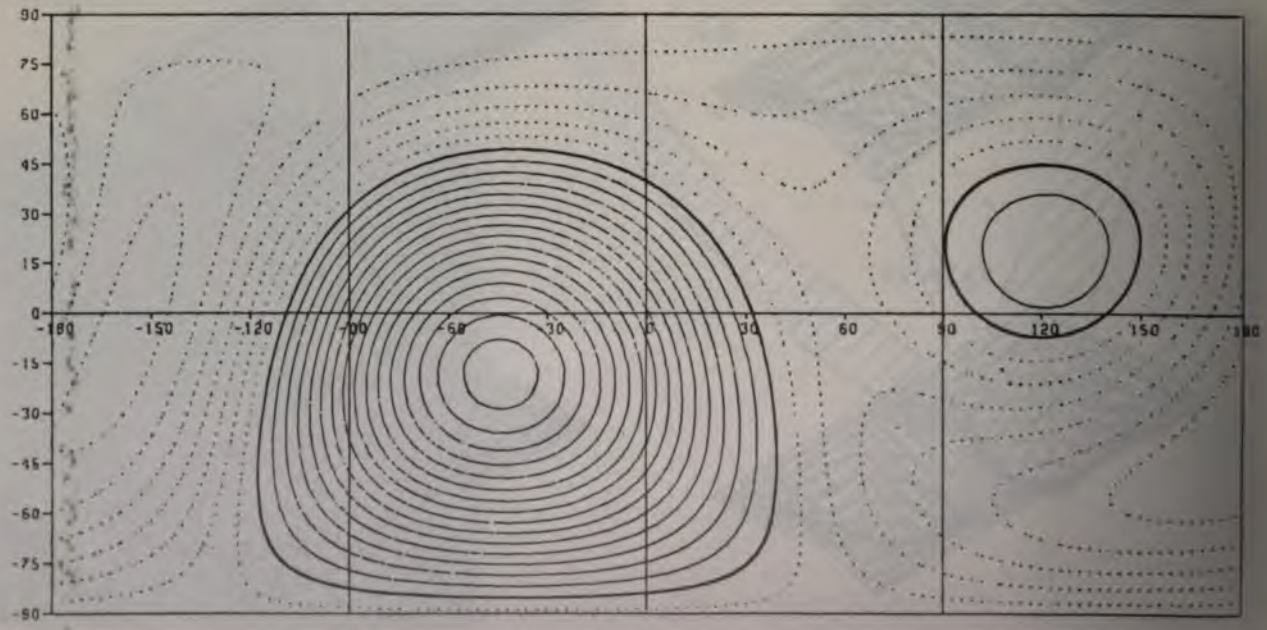


печения, которая позволяет, в частности, визуализировать информацию, получаемую при работе с моделью сердечно-сосудистой системы (рис. 7—10, 12, 13 получены с помощью графопостроителя ЭВМ; рис. 11, 14, 15 — на экране дисплея).

Модель имитирует не только нормальную деятельность системы, но и различные отклонения: кровопотери и крововосполнение, аритмию сердца, стеноз и пр. (рис. 8).

Так, при моделировании аортальной недостаточности (неполное закрывание аортального клапана в диастолической фазе сердечного цикла,

Рис. 13. Кадр кинограммы электрических потенциалов сердца в развернутой прямоугольной проекции (графопостроитель). Замкнутые сплошные кривые — линии равного положительного потенциала, точечные — отрицательного; цифры — градусы дуги на сфере, которой приближенно представлено сердце



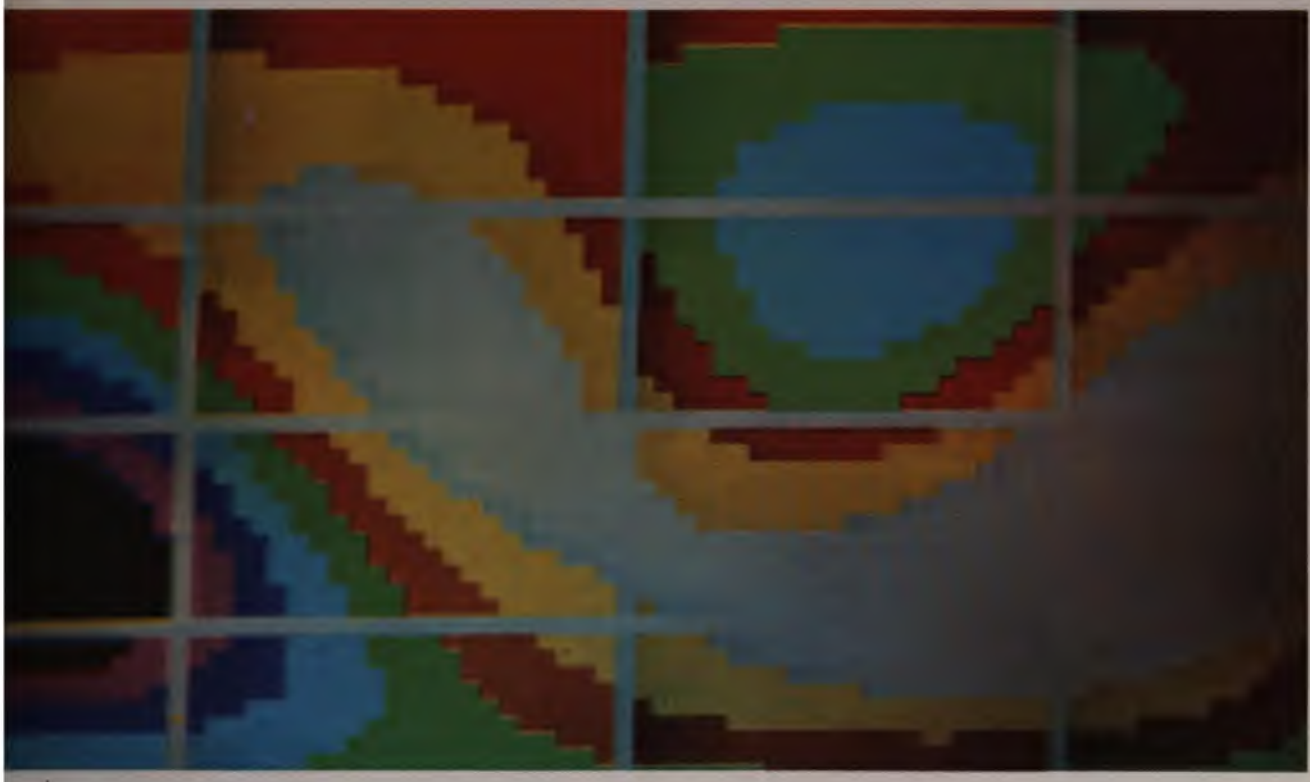


Рис. 14. Кадры кинограмм электрических потенциалов сердца в развернутой прямоугольной проекции (экран дисплея). Различным величинам потенциала соответствуют разные цвета. Слева нормальное функционирование, справа — патология

Рис. 15. Кадр кинограммы электрических потенциалов сердца в сферической проекции (экран дисплея). Различным величинам потенциала соответствуют разные цвета

т. е. при расслаблении предсердий и желудочков сердца, см. рис. 8), выявляются отрицательные явления, сопровождающие данную патологию: уменьшение минутного объема крови из-за увеличения конечнодиастолического объема левого желудочка приводит к ухудшению снабжения органов и тканей кислородом и питательными веществами; появляются пиковые нагрузки на сердечную мышцу в систолической фазе (сокращение) сердечного цикла.

С помощью ЭВМ можно проследить весьма информативное для специалиста динамическое изменение электрических потенциалов сердца (измеренное на поверхности тела распределение электрического потенциала по определенной методике пересчитывается на поверхность сердца). Рис. 12, 13, 15 демонстрируют работу нормального сердца. Ясно, что динамика электрических потенциалов должна быть увязана с гидравлическими характеристиками работающего сердца.

Обучающаяся программа оказалась достаточно эффективной для решения таких задач, сложность и громоздкость которых очень затрудняют их анализ традиционными методами. Помимо упомянутых выше, к подобным задачам относятся задачи, связанные с распознаванием образов, автоматизацией научных экспериментов, проектированием сложных объектов, и многие другие.

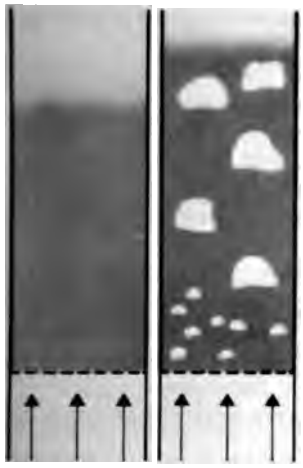


Рис. 1. Псевдоожиженный восходящим потоком воздуха слой твердых частиц, помещенных на пористую пластину. Слева — начальная фаза псевдоожижения; справа — полное псевдоожижение: большая часть воздуха проходит сквозь слой в виде пузырей

Рис. 2. Слой песка, псевдоожиженного воздухом (вид сверху). Поверхность песка возмущена лопающимися пузырями воздуха

«Макбета»: слой внешне похож на кипящее варево, несколько более густое, чем употребляемый нами обычно суп. В больших по объему псевдоожиженных слоях размеры пузырей могут быть весьма значительными: промышленные установки для таких процессов имеют диаметры, доходящие до 15 м, и здесь наблюдаются пузыри с характерными размерами до 1 м и более.

Исследования показывают, что пузыри воздуха, возникающие в псевдоожиженном песке, очень похожи на большие пузыри воздуха в жидкости (рис. 3). И в том, и в другом случае если их диаметр мал по сравнению с линейным размером сосуда, то каждый пузырь приобретает форму полусферы: закругленная верхняя часть и плоское основание, что обусловлено механикой движения жидкости (псевдожидкости) вокруг пузыря. Заметим, что маленькие пузыри, обычно наблюдаемые в воде, принимают почти сферическую форму под действием поверхностного натяжения; однако большие пузыри в воде или любой другой достаточно «подвижной» жидкости всегда имеют полусферическую форму, так как роль поверхностного натяжения здесь мала. В псевдоожиженном слое поверхностного натяжения нет, поэтому пузыри имеют форму полусферы (см. рис. 3).

Если размер пузырей сравним с размером сосуда, то по форме они походят на пулю с закругленным концом: их верхняя часть имеет плавные округлые очертания, а основание плоское; такая форма позволяет им достигать наибольшей скорости подъема.

Это сходство пузырей в жидкости и псевдоожижением слое поражает. Более того, скорость подъема пузырей данного размера в обеих средах одинакова: для пузырей диаметра d в большом сосуде она равна $0{,}7\sqrt{gd}$, где g — ускорение силы тяжести. Заметим, что в эту формулу не входит плотность жидкости. Скорость формируется под действием выталкивательной (подъемной) силы и силы гравитации, и если берется другая жидкость, т. е. меняется плотность, то соответственно меняются и обе эти силы, причем так, что скорость остается прежней: большой пузырь воздуха движется вверх с одной и той же скоростью и в воде, и в ртути, и в псевдоожиженном слое. Это следствие принципа, так живо проиллюстрированного в Пизе Галилеем: время падения пушечного ядра не зависит от его массы.

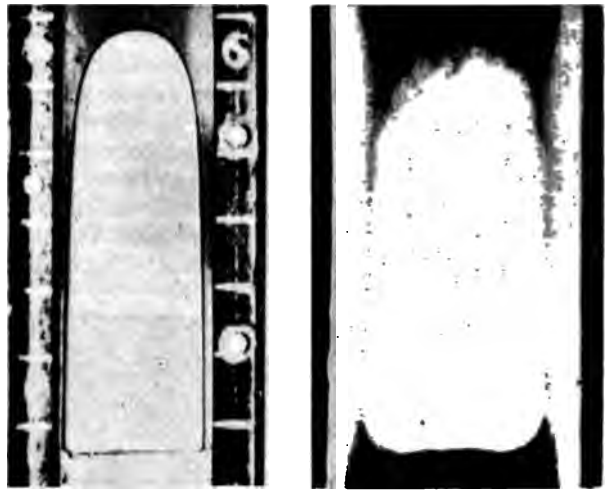


Рис. 3. Пузыри в жидкости (слева; обычные фото) и в псевдоожиженном слое (справа; фотографии в рентгеновских лучах). На верхней паре снимков — пузыри, размеры которых малы по сравнению с размерами сосуда. На нижней — пузыри, размеры которых ограничиваются стенками трубок

Однако между пузырем воздуха в воде и в псевдоожиженном слое песка существуют все-таки некоторые различия. Песок — не вода: слой песка, так сказать, проницаем для воздуха, а вода нет; воздух пузыря в слое может просачиваться в окружающий песок и наоборот, тогда как воздух пузыря в воде всегда один и тот же.

В случае псевдоожижения возникают циркуляционные воздушные потоки («кросс-потоки») из слоя в пузырь и из пузыря в слой; идет непрерывный обмен между воздухом, заключенным в пузыре и в промежутках между песчинками. Этот

процесс иллюстрирует рис. 4: пузырь в псевдоожиженном слое движется вдоль прозрачной стенки сосуда; окрашенный газ из пузыря проникает в промежутки между окружающими частицами на определенное расстояние, и вокруг пузыря возникает оболочка, или облако.

Почему же распространение газа ограничивается облаком? Из-за более высокого давления в нижних частях слоя газ пузыря просачивается между частицами вверх — этот процесс собственно и поддерживает устойчивость свода пузыря; а соответствующий приток газа через нижнюю границу пузыря сохраняет объем последнего постоянным. Однако газ, вытекающий через верхнюю часть оболочки, встречает на своем пути частицы, движущиеся относительно пузыря вниз, и, следовательно, не может проникнуть слишком далеко в зернистое вещество слоя, что и видно на рис. 4.

Изучение процессов газового обмена между пузырем и окружающей средой, взаимодействия газовых потоков представляет большой научный интерес. Такие исследования, в частности, проливают свет на то, почему пузырь устойчив. Существование «кросс-потоков» очень важно для практики, поскольку они определяют скорость контактирования газа с твердыми веществами. Псевдоожижение широко используется в каталитических процессах, требующих подобного контактирования. Как правило, катализаторы — это твердые вещества (такие, как глинозем), которые содержат химические добавки и каталитические стимуляторы, способствующие протеканию нужных реакций в газе, например, при переработке тяжелых компонентов сырой нефти в легкие бензиновые фракции.

Установка для каталитического крекинга — важная часть оборудования множества крупных нефтеперерабатывающих заводов. Чтобы осуществить эту реакцию, необходимо непосредственное контактирование газа с твердым катализатором. Для этого и используется псевдоожиженный слой.

В процессах крекинга тяжелые пары нефти при температуре несколько сот градусов Цельсия пропускаются через слои псевдоожиженного катализатора. Однако пары омывают катализатор в основном в виде пузырей, вокруг которых образуются оболочки (подобные показанным на рис. 4), и поэтому плохо контактируют с частицами. Газ, находящийся в пузыре, взаимодействует с твердым веществом только в тонком слое оболочки, окружающей пузырь. Чем мельче частицы, тем тоньше оболочка. Лучше обстоит дело, когда

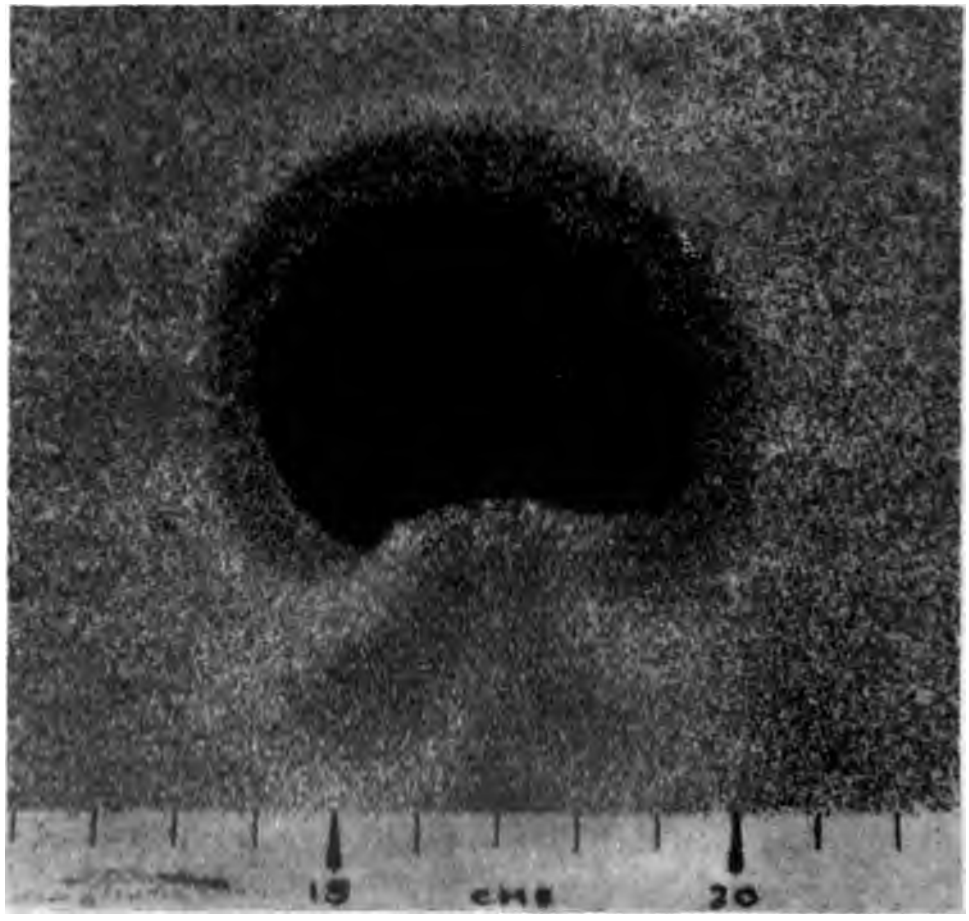


Рис. 4. Воздушный пузырь с примесью темного газа в псевдоожиженном воздухом слое стеклянных шариков. Черное пятно — пузырь. «Облако» вокруг пузыря — зона проникновения темного газа в слой

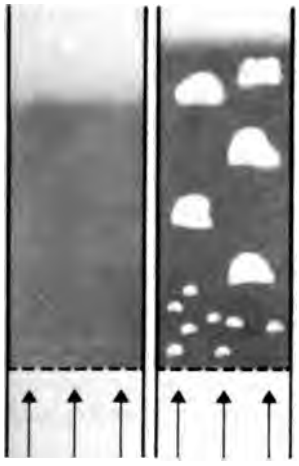


Рис. 1. Псевдоожиженный восходящим потоком воздуха слой твердых частиц, помещенных на пористую пластину. Слева — начальная фаза псевдоожижения; справа — полное псевдоожижение: большая часть воздуха проходит сквозь слой в виде пузырей

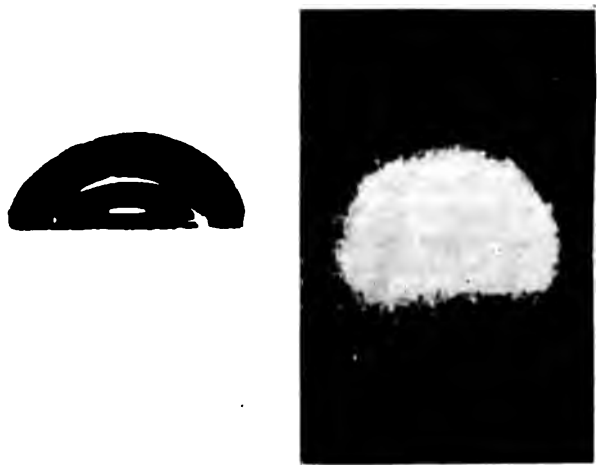


Рис. 2. Слой песка, псевдоожиженного воздухом (вид сверху). Поверхность песка возмущена лопающимися пузырями воздуха

«Макбета»: слой внешне похож на кипящее варево, несколько более густое, чем употребляемый нами обычно суп. В больших по объему псевдоожиженных слоях размеры пузырей могут быть весьма значительными: промышленные установки для таких процессов имеют диаметры, доходящие до 15 м, и здесь наблюдаются пузыри с характерными размерами до 1 м и более.

Исследования показывают, что пузыри воздуха, возникающие в псевдоожиженном песке, очень похожи на большие пузыри воздуха в жидкости (рис. 3). И в том, и в другом случае если их диаметр мал по сравнению с линейным размером сосуда, то каждый пузырь приобретает форму полусферы: закругленная верхняя часть и плоское основание, что обусловлено механикой движения жидкости (псевдожидкости) вокруг пузыря. Заметим, что маленькие пузыри, обычно наблюдаемые в воде, принимают почти сферическую форму под действием поверхностного натяжения; однако большие пузыри в воде или любой другой достаточно «подвижной» жидкости всегда имеют полусферическую форму, так как роль поверхностного натяжения здесь мала. В псевдоожиженном слое поверхностного натяжения нет, поэтому пузыри имеют форму полусферы (см. рис. 3).

Если размер пузырей сравним с размером сосуда, то по форме они походят на пулю с закругленным концом: их верхняя часть имеет плавные округлые очертания, а основание плоское; такая форма позволяет им достигать наибольшей скорости подъема.

Это сходство пузырей в жидкости и псевдоожиженном слое поражает. Более того, скорость подъема пузырей данного размера в обеих средах одинакова: для пузырей диаметра d в большом сосуде она равна $0{,}7\sqrt{gd}$, где g — ускорение силы тяжести. Заметим, что в эту формулу не входит плотность жидкости. Скорость формируется под действием выталкивательной (подъемной) силы и силы гравитации, и если берется другая жидкость, т. е. меняется плотность, то соответственно меняются и обе эти силы, причем так, что скорость остается прежней: большой пузырь воздуха движется вверх с одной и той же скоростью и в воде, и в ртути, и в псевдоожиженном слое. Это следствие принципа, так живо проиллюстрированного в Пизе Галилеем: время падения пушечного ядра не зависит от его массы.

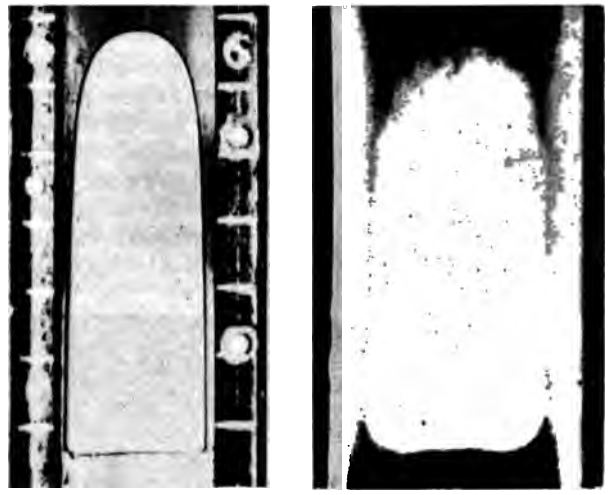


Рис. 3. Пузыри в жидкости (слева; обычные фото) и в псевдоожиженном слое (справа; фотографии в рентгеновских лучах). На верхней паре снимков — пузыри, размеры которых малы по сравнению с размерами сосуда. На нижней — пузыри, размеры которых ограничиваются стенками трубок

Однако между пузырем воздуха в воде и в псевдоожиженном слое песка существуют все-таки некоторые различия. Песок — не вода: слой песка, так сказать, проницаем для воздуха, а вода нет; воздух пузыря в слое может просачиваться в окружающий песок и наоборот, тогда как воздух пузыря в воде всегда один и тот же.

В случае псевдоожижения возникают циркуляционные воздушные потоки («кросс-потоки») из слоя в пузырь и из пузыря в слой; идет непрерывный обмен между воздухом, заключенным в пузыре и в промежутках между песчинками. Этот

процесс иллюстрирует рис. 4: пузырь в псевдоожиженном слое движется вдоль прозрачной стенки сосуда; окрашенный газ из пузыря проникает в промежутки между окружающими частицами на определенное расстояние, и вокруг пузыря возникает оболочка, или облако.

Почему же распространение газа ограничивается облаком? Из-за более высокого давления в нижних частях слоя газ пузыря просачивается между частицами вверх — этот процесс собственно и поддерживает устойчивость свода пузыря; а соответствующий приток газа через нижнюю границу пузыря сохраняет объем последнего постоянным. Однако газ, вытекающий через верхнюю часть оболочки, встречает на своем пути частицы, движущиеся относительно пузыря вниз, и, следовательно, не может проникнуть слишком далеко в зернистое вещество слоя, что и видно на рис. 4.

Изучение процессов газового обмена между пузырем и окружающей средой, взаимодействия газовых потоков представляет большой научный интерес. Такие исследования, в частности, проливают свет на то, почему пузырь устойчив. Существование «кросс-потоков» очень важно для практики, поскольку они определяют скорость контактирования газа с твердыми веществами. Псевдоожижение широко используется в каталитических процессах, требующих подобного контактирования. Как правило, катализаторы — это твердые вещества (такие, как глинозем), которые содержат химические добавки и каталитические стимуляторы, способствующие протеканию нужных реакций в газе, например, при переработке тяжелых компонентов сырой нефти в легкие бензиновые фракции.

Установка для каталитического крекинга — важная часть оборудования множества крупных нефтеперерабатывающих заводов. Чтобы осуществить эту реакцию, необходимо непосредственное контактирование газа с твердым катализатором. Для этого и используется псевдоожиженный слой.

В процессах крекинга тяжелые пары нефти при температуре несколько сот градусов Цельсия пропускаются через слои псевдоожиженного катализатора. Однако пары омывают катализатор в основном в виде пузырей, вокруг которых образуются оболочки (подобные показанным на рис. 4), и поэтому плохо контактируют с частицами. Газ, находящийся в пузыре, взаимодействует с твердым веществом только в тонком слое оболочки, окружающей пузырь. Чем мельче частицы, тем тоньше оболочка. Лучше обстоит дело, когда

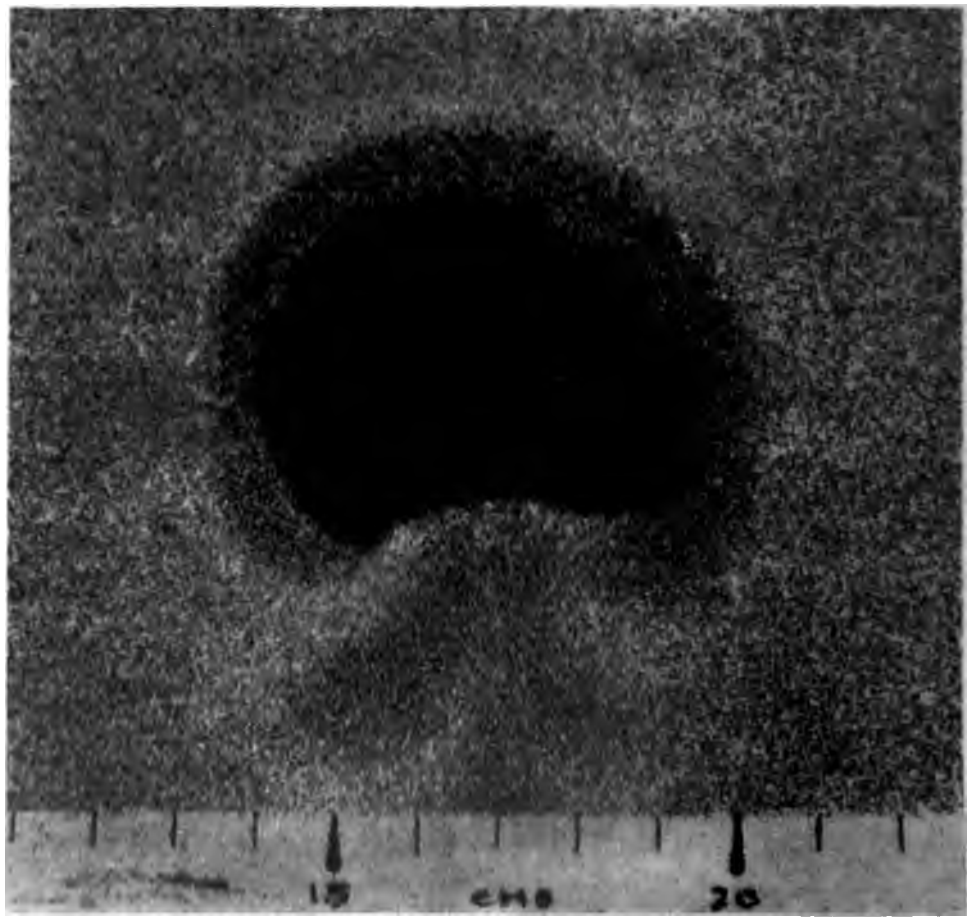


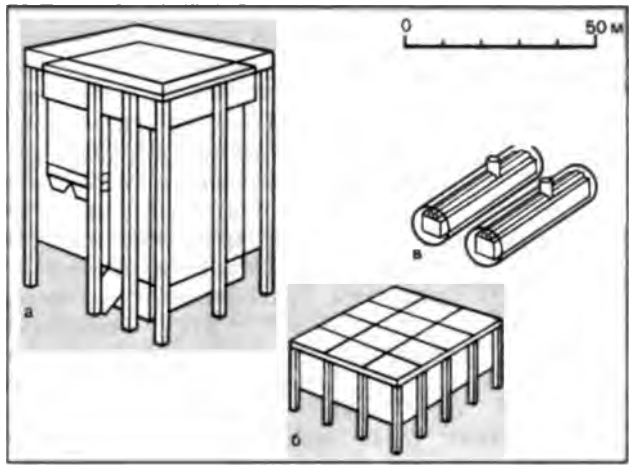
Рис. 4. Воздушный пузырь с примесью темного газа в псевдоожиженном воздухом слое стеклянных шариков. Черное пятно — пузырь. «Облако» вокруг пузыря — зона проникновения темного газа в слой

они более крупные, поскольку газ просачивается быстрее в промежутки между ними. При достаточно больших твердых частицах газ совсем не оттягивается вниз, оболочка «размывается» и контактирование становится наилучшим. По этой причине в псевдоожиженном слое сжигают достаточно крупный уголь.

Горение угля в псевдоожиженном слое

В наше время псевдоожижение используют также для сжигания угля. Схема установки, где реализуется такой процесс, показана на рис. 5. В псевдоожиженный воздухом слой инертного вещества (иногда песка, иногда угольной золы) инжектируется смесь угля и воздуха. Горение идет в слое инертных частиц. Обычно на одну частицу угля приходится 200 инертных (их размер — порядка 1 мм). Температура слоя — около 900 °С, что значительно ниже, чем при сжигании угля или нефти в обычной камере сгорания. Эта особенность процесса, как оказалось, очень важна. Тепло отводится при помощи теплообменников с кипящей водой, помещаемых непосредственно в слое (см. рис. 5). Интенсивное перемешивание твердых частиц способствует теплопереносу, трубы получают больше тепла и, следовательно, размеры котла можно значительно уменьшить.

Кроме того, низкая температура сгорания позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды. Это связано с двумя обстоятельствами: первое — по сравнению с обычными камерами сгорания достигается более низкая концентрация окислов азота; второе — добавление извест-



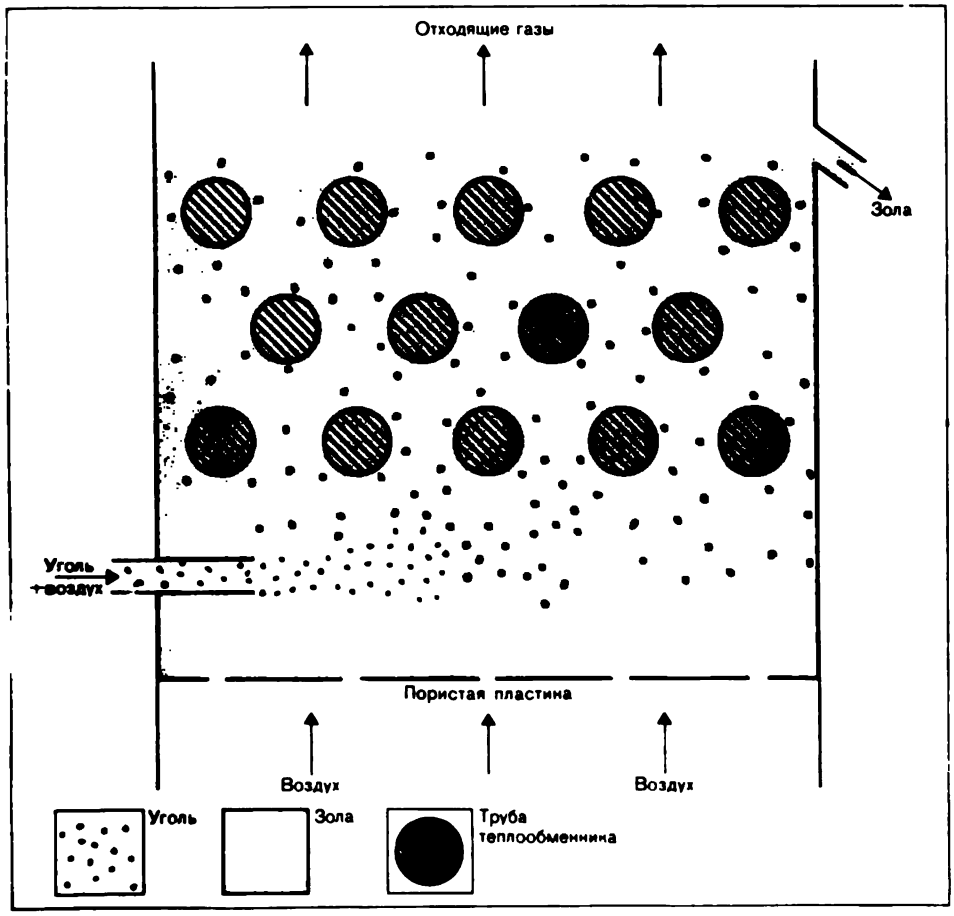


Рис. 5. Схема котла для сжигания угля в псевдоожиженном слое. Большая часть воздуха идет на псевдоожижение инертных частиц (золы), в основном формирующих псевдоожиженный слой. Процентное содержание горящего угля в слое невелико. Тепло передается непосредственно трубам, в которых образуется пар

Рис. 6. Сравнительные размеры котлов, рассчитанных на мощность в 600 МВт: *а* — обычный способ сжигания; *б* — сжигание в псевдоожиженном слое при атмосферном давлении; *в* — сжигание в псевдоожиженном слое при более высоком (в 16 раз) давлении

няка или доломита в слой позволяет значительную часть окислов серы вывести из отходящих газов (сера в виде твердых отходов удаляется из топки вместе с золой).

Первые камеры сгорания с псевдоожиженным слоем работали при атмосферном давлении. Позднее давление было повышено в 10—20 раз, соответственно увеличился и поток воздуха через слой. В результате мы можем либо сжигать больше угля, либо уменьшить габариты котла. На рис. 6 приведены сравнительные размеры котлов, предназначенных для выработки 600 МВт (мощность средней электростанции). Возможность значительно снизить размеры таких устройств чрезвычайно привлекательна, и ее демонстрация была единственной целью постройки в Англии под эгидой Международного агентства по энергетике установки мощностью 50 МВт.

Однако сегодня еще ни одно крупное подобное устройство не сооружено: в основном котлы с псевдоожиженным слоем используют в установках среднего размера, целый ряд которых работает на заводах Великобритании. Этот способ важен еще и потому, что он позволяет сжигать низкосортный уголь. Котлы с псевдоожиженным слоем целесообразно применять в таких странах, как Индия, где имеются огромные запасы угля с 50%-ной зольностью: этот уголь плохо горит в обычных топках, но его легко сжечь в псевдоожиженном слое.

Котлы с псевдоожиженным слоем имеют большое практическое значение, однако их применение ставит перед учеными, работающими в этой области, целый ряд вопросов: как выглядит процесс горения угля в деталях, каковы возникающие при этом температуры, какие температурные режимы в слое способствуют горению, какие — абсорбции серы, могут ли пылевидные угольные частицы, не сгорев, достичь пространства над слоем и сгореть там, с какой интенсивностью поступает тепло в трубы теплообменника?

Одна из сложных проблем состоит в том, чтобы узнать, за какое время сгорает уголь в слое песка, псевдоожиженного воздухом. Казалось бы, ее решение должен дать простой эксперимент: в нагретый до рабочей температуры около 900° С псевдоожиженный воздухом слой песка подать определенную дозу угля — скажем, несколько граммов на слой десятисантиметрового диаметра — и заметить время, за которое произойдет полное сгорание. Однако найти наилучший способ измерения времени сразу не удалось. Вначале пытались это сделать, фиксируя повышение температуры слоя, происходящее в результате горения угля. Но метод оказался не чувствительным, и тогда пришлось избрать другой путь, который к тому же оказался более эффективным и простым: непосредственно наблюдать горение частиц угля определенного размера и регистрировать время их сгорания секундомером. Это можно легко сделать, поскольку горящий уголь имеет температуру существенно более высокую, чем песок. И если даже, как это бывает обычно, одна частица угля приходится на 200 песчинок, то все равно, будучи раскаленным, уголь легко различим.

Неожиданным здесь оказалось то, что уголь горячее песка. Перемешивание слоя пузырьками воздуха происходит достаточно интенсивно, и логично было бы предположить, что все частицы имеют одну и ту же температуру. На самом же деле движение газа вокруг отдельно взятой частицы сравнительно замедлено, поскольку бóльшая часть газа проходит через слой в виде пузырей. В результате температура угля обычно на 100—150 К выше, чем у песчинок, его частицы светятся ярче и легко различимы. Еще более чувствительным оказался метод, позволяющий измерять время сгорания угля по концентрации двуокиси углерода в отходящих газах.

Такие эксперименты показали, что время сгорания частицы угля диаметром 1 мм в слое с температурой 900° С составляет 1—2 мин; диаметром 2 мм — 4—8 мин. Несмотря на то что эти данные были уже получены, оставалась проблема, как объяснить их с позиций фундаментальных законов, и дискуссия по ней все еще продолжается. Важным здесь оказалось исследование,

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГЕРМАНИЯ. *В Кельне образовалось недавно акционерное общество для постройки и эксплуатации порохового двигателя, изобретенного неким Беком из Нордгаузена. Существенная часть этой новоизобретенной машины заключается в вертикальном цилиндре, внутри которого двигается поршень, попеременно то поднимающийся, то опускающийся под влиянием толчков, сообщаемых взрывами небольших количеств пороха на противоположных концах цилиндра. Распределение пороха из порохового «магазина» по обеим взрывным камерам происходит автоматически: воспламенение его совершается при помощи струи газа или алкогольного пламени, втягиваемого при быстром движении поршня в камеры через особое отверстие.*

«Наблюдатель»

ФРАНЦИЯ. *Труве придумал безопасную электрическую лампу, которой можно пользоваться для работ в пространствах, наполненных взрывчатыми газами. Батарейка помещается или на спине (как ранец у солдата), или на шее; фотофор, самая лампочка, может быть утверждена на голове рабочего или на каске пожарника, т. е. таким образом, чтобы не стеснять рабочего в его движениях. Лампа эта получила уже самые разнообразные применения: на военных кораблях, в Парижской обсерватории (чтобы читать ночью показания приборов), на заводах, приготовляющих красящие вещества, в состав которых входят очень летучие тела, на газовых заводах для осмотра газометров и т. п.*

«Техник»

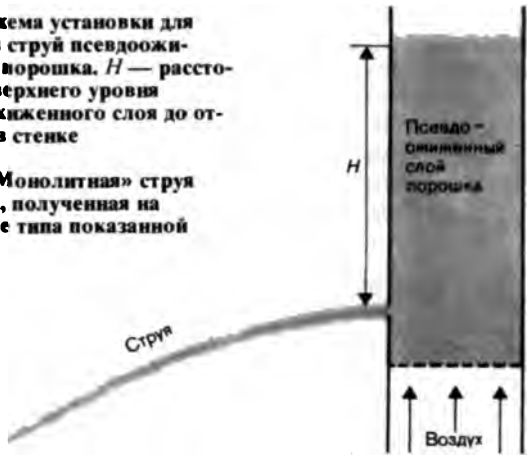
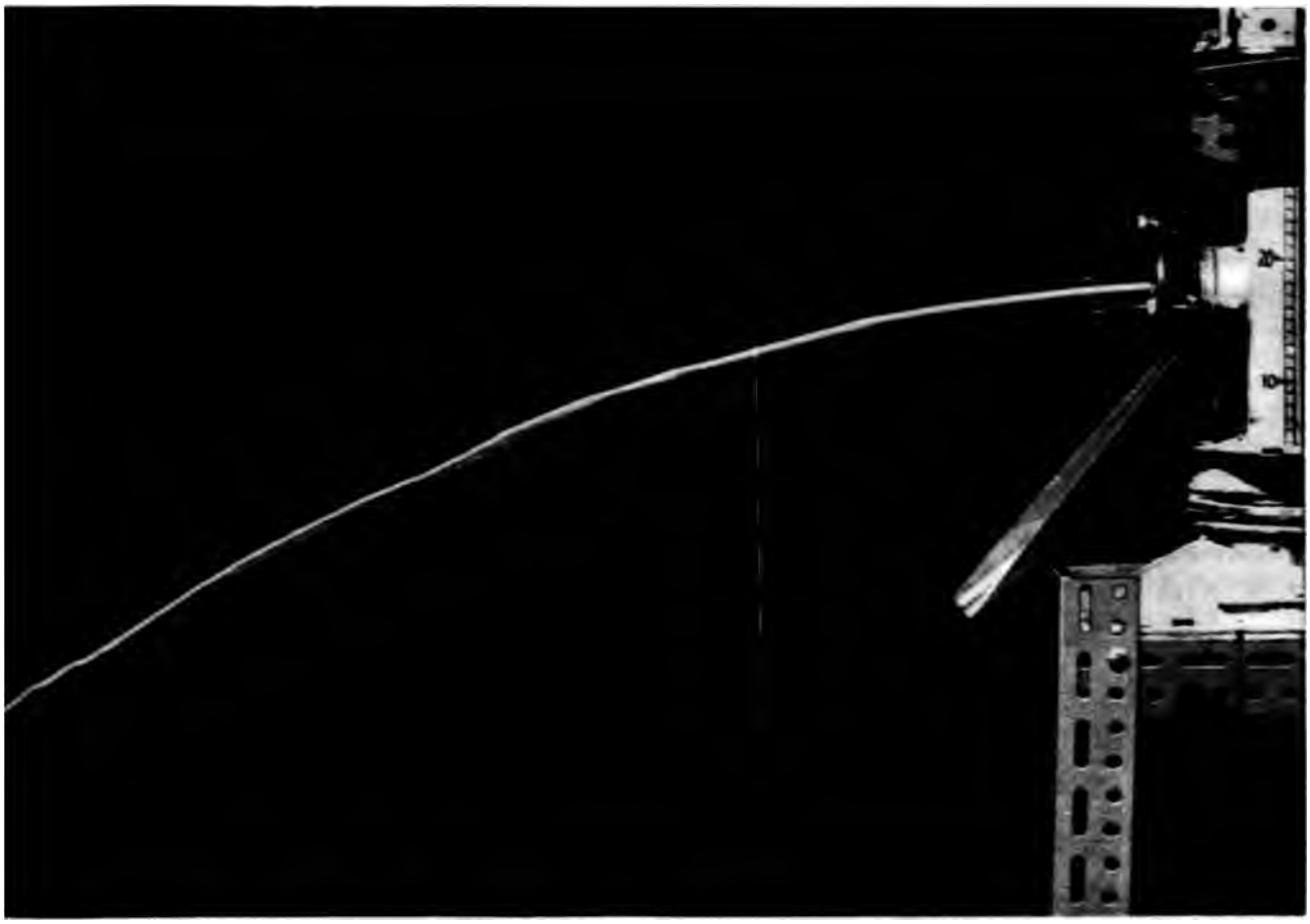


Рис. 7. Схема установки для изучения струй псевдоожиженного порошка. *H* — расстояние от верхнего уровня псевдоожиженного слоя до отверстия в стенке

Рис. 8. «Монолитная» струя порошка, полученная на установке типа показанной на рис. 7

ных можно дать на основе ряда правдоподобных гипотез. В связи с этим мне вспоминается история об одном ученом, который сначала опубликовал статью, оказавшуюся впоследствии неверной, а затем напечатал вторую статью, показавшую ошибочность первой. Вероятно, он испытал моральное удовлетворение, а публикация двух статей, возможно, способствовала его продвижению по службе, однако для научных целей вполне хватило бы одной достоверной статьи.

Что касается горения угля, то общепринятая гипотеза (она, несомненно, требует уточнения), касающаяся больших масс угля, состоит в том, что определяющий фактор процесса — это перенос кислорода от пузырьков воздуха. Если угля много, то он быстро поглощает почти весь кисло-



во-первых, переноса кислорода от пузыря к твердым частицам; во-вторых, диффузии кислорода вокруг каждой горящей частицы; в-третьих, скоростей всех возможных химических реакций, например *i*-реакций превращения угля в окись углерода и *ii*-реакций окисления окиси углерода в двуокись углерода в газовой фазе.

Проблемы, касающиеся диффузии и химической кинетики, традиционно сложны, поскольку правдоподобное объяснение эмпирических данрод из сплошной фазы воздуха, заключенный между частицами, однако большая часть кислорода содержится в пузырьках, и, следовательно, именно интенсивность упоминавшихся выше «кросс-потоков» вокруг пузырей регулирует скорость сгорания угля.

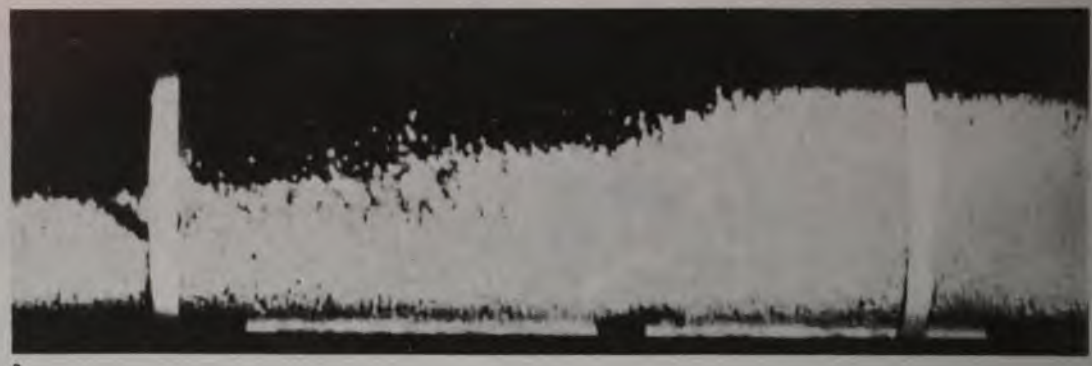
Для небольшой порции угля, например, когда одна частичка помещается в горячий псевдоожиженный воздухом слой песка, определяющий фактор — это или локальная диффузия кисло-

рода к углю (*i*-реакции) или скорость химических реакций (*ii*-реакций). Какой из процессов (*i* или *ii*) доминирует, зависит от размера частиц угля. Если он больше 1 мм, то скорость горения регулируется *i*-эффектами, если меньше 0,5 мм, то скоростью химических реакций: окислением угля в окись углерода и сгоранием последней в пламени вокруг угольных частиц. В этом случае тепло пламени передается углю, температура падает и горение замедляется. То, что мелкие частицы могут гореть достаточно долго, повышает вероятность их выноса из слоя. Происходящие при этом потери угля — одна из основных проблем сжигания в псевдоожиженном слое.

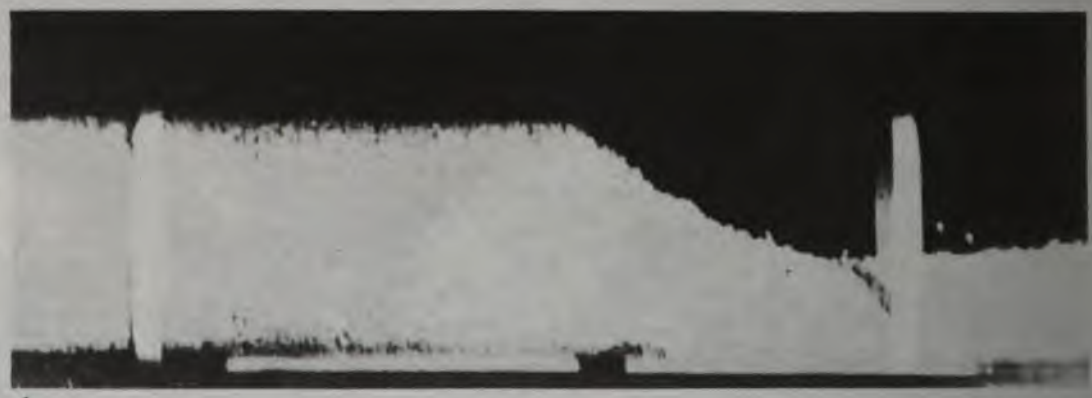
Голубое пламя горящей окиси углерода знакомо каждому, кто видел, как сжигают уголь или кокс. Оно пробуждает сентиментальные чувства у старшего поколения британцев, поскольку открытый огонь был наиболее распространенной формой обогрева жилища вплоть до 1960—1970 годов, когда были обнаружены месторождения газа на побережье Северного моря и началась их эксплуатация.

Еще одна важная нерешенная проблема каса-

Рис. 9. Транспортировка полиэфирной стружки по горизонтальной трубе с помощью потока воздуха (движение справа налево). *а* **— фотография правой части воздушного пузыря и левой части движущейся вслед за ним «пробки» из стружки;** *б* **— фотография левой части пузыря и правой части движущейся перед ним «пробки»;** *в* **— модель течения (левая часть рисунка соответствует фотографии** *а*, **правая —** *б*)



а



б

в

ется механизма сгорания летучих веществ, выделяющихся из угля, в камере с псевдоожиженным слоем. При нагревании уголь выделяет целый ряд горючих веществ, которые ответственны за мерцание пламени в домашних очагах, столь любимого британцами во времена, когда огонь в очаге был центром их домашней жизни. Теперь только шахтеры, которые получают уголь бесплатно (небольшой дополнительный доход), имеют возможность спокойно следить за превращениями угля, сидя у камина. Для ученых же это пламя ассоциируется с новым комплексом проблем: как быстро идет выделение летучих веществ; формируются ли из них пузыри, способные пройти через слой и сгореть над его поверхностью; как влияют эти эффекты на горение угля; не сгорают ли летучие вещества внутри пузыря, содержащего, помимо них, и воздух. Для решения подобных задач потребуются и кажущиеся фантастическими предположения, которые вполне могут зародиться при взгляде на мерцающее пламя горящего угля, и тщательные измерения, и вдохновение, без которого нельзя создать законченной теории.

Псевдоожижение в струях и трубах

Когда за обедом мы высыпаем соль из солонки с отверстиями (обычно их диаметр — порядка 1 мм), мы вызываем действие тех же законов, которые «управляют» потоком зернистого вещества, вытекающего из промышленного бункера, в каком бы уголке мира он ни находился. Применяющиеся повсюду бункеры устроены очень просто: гранулированное вещество помещается в вертикальный цилиндр с коническим основанием, в нижней части которого имеется отверстие (обычно с клапаном). Закономерности движения такого потока выяснены не так давно. Скорость потока через отверстие сильно зависит от диаметра последнего, слабее — от угла наклона стенок бункера и почти не зависит от верхнего уровня вещества в бункере. Именно этот факт важен для конструктора песочных часов: за равные промежутки времени вытекают равные количества песка независимо от его верхнего уровня.

Характеристики потока псевдоожиженных частиц совсем иные. На рис. 7 показана схема установки для изучения потока порошка через отверстие в стенке сосуда с псевдоожиженным слоем. Если порошок полностью псевдоожижен восходящими потоками воздуха, то струя, вытекающая из отверстия, подобна струе жидкости. И в том, и в другом случае скорость струи пропорциональна $\sqrt{H}$, где H — высота слоя над отверстием.

Обычно, пройдя отверстие, струя порошка рассеивается, но, пропуская особо тонкий порошок через отверстия специального вида, можно получить поразительно «монолитную» струю (рис. 8). Небольшое количество поверхностных частиц выходит за ее границы, однако она сохраняет свой первоначальный диаметр (около 3 мм), пролетая 1 м и более. Это одно из недавних открытий, не нашедших пока еще своего объяснения*.

Когда струю порошка или его поток из бункера нужно переправить на значительное расстояние, можно воспользоваться трубопроводом, а для транспортировки использовать воздух. До недавнего времени при решении этой технической задачи использовали мощные потоки воздуха, перемещавшие малые количества порошка. Позднее стали транспортировать более «плотную» смесь: меньше воздуха и гораздо больше порошка. При таком режиме в трубопроводе возникает несколько движущихся псевдоожиженных слоев.

Для изучения этого процесса снова оказалась полезной аналогия с газо-жидкостным потоком. Выяснилось, что порошок в трубе движется не сплошным потоком, а образует чередующие зоны полного ее заполнения (движущиеся «пробки») и неполного (в нижней части трубы находится осевший слой частиц, а в верхней — движущийся воздух).

На рис. 9 представлены фотографии подобного потока, на которых хорошо видны зоны первого и второго типов. Зона второго типа представляет собой, по сути дела, большой воздушный пузырь. И в самом деле он движется относительно порошка точно так же, как большой пузырь воздуха перемещается в воде, заполняющей горизонтальную трубу. Аналогия между потоками псевдоожиженного порошка и газожидкостной смеси оказалась весьма плодотворной для развития количественной теории, призванной направлять конструкторов.

Видимо, Шекспир немало знал о пузырях вообще и о проблеме пузырь — труба в частности:

Seeking the bubble reputation
*Even in the cannon's mouth*** .

В заключение следует сказать, что фотография, помещенная на рис. 4, и рентгеновские фотографии на рис. 3 сделаны профессором Роу (*P. N. Rowe*) и его коллегами (*Atomic Energy Research Establishment*, Харуэлл, Великобритания), а рис. 6 взят из публикации Combustion Systems Limited.

---

* Это открытие (как и ряд других описанных здесь работ) сделано автором статьи. — *Ред.*

** Разыскивая доброе имя пузыря
Даже в пушечном жерле.

Герхард КЕЙЛ (Keil) (р. 1926) — немецкий (ГДР) химик, профессор, академик, член Президиума АН ГДР, начальник отделения химии АН ГДР и директор Института химической технологии АН ГДР, профессор химической технологии Университета им. Гумбольдта в Берлине, председатель Национального комитета ГДР в IUPAC.

Г. Кейл изучал химию в Техническом университете в Дрездене, ученую степень получил в Горной академии Фрейберга, затем был приглашен на должность профессора в Йенский университет им. Фридриха Шиллера. Много лет занимался исследовательской деятельностью в нефтехимии, нефтеперерабатывающей, углеперерабатывающей промышленности. Имеет много изобретений, автор и соавтор свыше 200 печатных работ.

Лауреат Национальной премии в области науки и техники ГДР, заслуженный деятель науки, кавалер двух орденов «Знамя труда I» и отечественных орденов, награжден медалью Клеменса-Винклера химического общества, удостоен других наград.

Клаус МЕЙЕР (Meyer) (р. 1936) — немецкий (ГДР) химик, профессор, заместитель директора и начальник отдела химии граничных поверхностей Института химической технологии АН ГДР, представитель ГДР в комиссии по коллоидной химии и химии поверхностных явлений в IUPAC, лауреат премии Фридриха Велера Химического общества ГДР.

К. Мейер изучал кристаллографию в Берлинском университете им. Гумбольдта, там же получил ученую степень, стал доцентом. С 1969 К. Мейер — профессор и заведующий кафедрой физической химии в Йенском университете им. Фридриха Шиллера.

Исследования К. Мейера посвящены химии поверхностных явлений, трибохимии и трибофизике, в частности проблемам трения, смазки и износа.

К. Мейер имеет много изобретений, он автор и соавтор более 100 научных публикаций, в том числе книги «Физико-химическая кристаллография».

Герхард КЕЙЛ,
Клаус МЕЙЕР

Трение и смазка — химия граничных слоев

Три понятия — трение, смазка и износ — так тесно взаимосвязаны, что зачастую приводят лишь одно из них как признак соответствующей области исследований, однако при этом неизменно включают в обсуждение и два остальных понятия. Например, под названием трибология (учение о трении) подразумевается научная основа и триботехники, и техники смазки, и техники защиты от износа.

Трение двух тел относительно друг друга представляет собой процесс, с которым мы постоянно встречаемся в повседневной жизни в бесчисленных и разнообразнейших формах. Назовем некоторые из пар трения, образующих трибосистемы: кожа — одежда, лед — грунт под ледником, лыжа — снег, колесо — рельс, тормозная накладка — диск тормоза, вал — букса подшипника, поршневое кольцо — цилиндр, винт — гайка.

Научные исследования в области трения позволили вначале установить простые приближенные физические закономерности, среди них: пропорциональность силы трения и нагрузки (Леонардо да Винчи, 1508; Г. Амонтон, 1699). Даже в нашем веке система трения очень упрощенно определяется как совокупность составных элементов (изнашиваемое тело, контртело, промежуточное вещество) и внешних условий (нагрузка и скорость скольжения) (рис. 1). При этом материалы участвующих в трении твердых тел первоначально рассматривались как однородные по всему объекту вплоть до поверхности, и химические превращения в смазочном веществе не принимались во внимание. Фактически, однако, между твердыми телами и промежуточным веществом всегда имеются граничные слои с измененными по сравнению с основным материалом твердого тела физическими и химическими свойствами, которые определяются прежде всего компонентами промежуточного вещества (рис. 2).

Если мы еще раз вернемся к ранее названным примерам пар трения, то окажется, что на макроскопическом уровне взаимодействие поверхностных слоев контактирующих тел при скольжении (так называемое фрикционное взаимодействие) знакомо каждому из нас — это износ суставных костей, раздражение кожи из-за неудобной обуви, истирание колодок, постепенное разрушение дорожного покрытия транспортом. Известно, что при строительстве дорог соблюдается довольно сложная последовательность поверхностных слоев, для того чтобы свести к минимуму разрушение дорожного покрытия. Точно так же сложное поверхностное строение должно быть и у трибосопряжений точных машин.

В настоящей статье мы ограничимся рассмотрением исключительно таких систем трения, которые наиболее распространены в машиностроении.

Прямые народнохозяйственные потери от трения и износа в ГДР составляют от 2 до 3 миллиардов марок в год. А скрытые потери из-за увеличения времени простоя машин, планового и внепланового времени технического обслуживания и соответствующие потери продукции еще на порядок выше. Поэтому успешная работа в области трения, смазки и износа может оказать большую помощь народному хозяйству.

По своему целевому назначению все узлы трения, встречающиеся в технике, можно условно разделить на две группы:

1. Силовые сопряжения, предназначенные для передачи мощности с помощью сил трения, развиваемых в прямом контакте двух твердых тел. При этом из-за значительного поглощения энергии на поверхности контакта нужна повышенная термо- и износостойкость материала.

2. Сопряжения, в которых стремятся достичь наименьших потерь энергии между трущимися телами. Для этого вводят промежуточную среду, способствующую лучшему скольжению (газ, жидкость, твердое тело), тем самым обеспечивается движение с низким коэффициентом трения и малым износом тел, например в системе подшипник — вал.

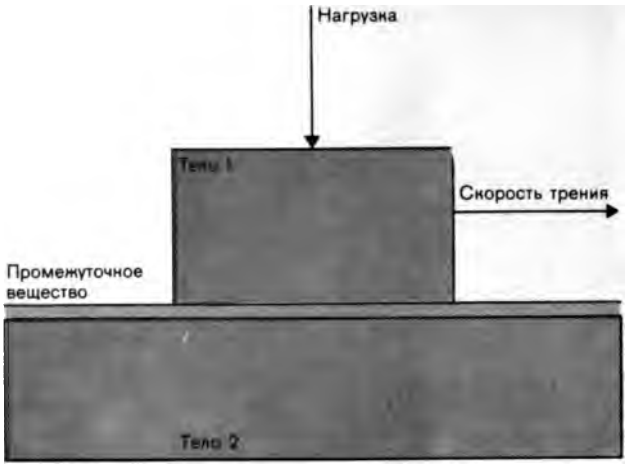


Рис. 1. Упрощенное схематическое представление системы трения

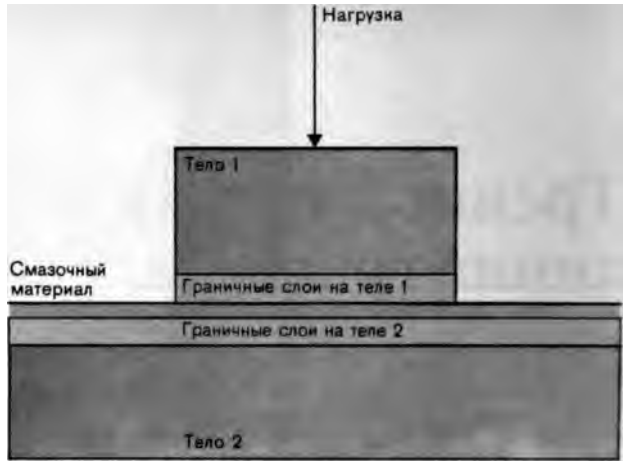


Рис. 2. Схема системы трения с учетом граничных слоев

Часто в технике к элементам пары трения одновременно предъявляются противоречивые требования, например протектор шины автомобиля должен обеспечивать движение с малыми затратами энергии, но при этом иметь хорошее сцепление с дорожным покрытием. При сборке или разборке системы винт — гайка нужна минимальная затрата сил и энергии, следовательно, низкий коэффициент трения скольжения, однако непреднамеренное развинчивание или ослабление винтового соединения недопустимо и, значит, коэффициент трения покоя должен быть высоким.

Раньше к смазочным веществам относились как к чисто вспомогательным; в современном же машиностроении их считают такими же важными, как и материалы участвующих в трении конструкционных элементов; этим руководствуются уже на стадии проектирования машин.

Нас в дальнейшем будет интересовать второй случай, когда в системе устанавливается низкий коэффициент трения и мал износ.

Коэффициент трения и интенсивность изнашивания — важные параметры для описания систем трения или видов трения, связанные друг с другом. Однако не всегда увеличение трения вызывает увеличение износа и приводит к повышенному разрушению поверхности твердого тела.

Для определения износа могут быть применены различные методы:

— измерение потерь массы участвующих в процессе трения деталей;

— определение диаметра лунки износа, когда, например, вращающийся шарик вдавливается в другой шарик или плоский образец (при этом наряду с износом регистрируется и пластическая деформация)*;

— определение переноса материала с поверхности трения в смазку или на сопряженную поверхность; для этого составные элементы одного из материалов активируются (например, Fe^{59}, Zn^{65}, C^{14}). Непрерывно в процессе работы или же по окончании опыта измеряется радиоактивность смазочного материала или ранее не облученной поверхности. Этим методом определяется количество материала, удаленного с трущегося тела.

Виды трения

В случае, когда смазочный слой разделяет трущиеся твердые тела, непосредственный контакт между их поверхностями отсутствует. *Жидкостное трение* определяется вязкостью смазочного слоя, который гарантирует защиту от износа, а при условии не слишком высокой вязкости смазочного вещества — и низкий коэффициент трения.

Существует также *трение без смазки*. Оно наступает, когда под действием экстремальных давлений смазочный материал полностью выдавливается или же когда он вообще отсутствует. Для таких распространенных металлов, как сталь, медь и бронза, в случае трения без смазки типичны высокие коэффициенты трения; при этом может даже произойти и макросварка поверхностей трения, что используется при так называемой сварке трением. Однако в элементах машин макросварка — крайне вредное явление. К этому же случаю относятся и системы самосмазывающихся тел трения, содержащие конструктивные элементы из определенных полимеров (таких, как некоторые фторопласты), графита, металлокерамики или других твердосмазочных материалов, которые могут обеспечить

* Согласно стандартной терминологии, принятой в СССР, понятие износа при трении включает в себя все виды необратимого формоизменения, возникающие на поверхности контактирующих тел, в том числе пластические деформации. — *Ред.*

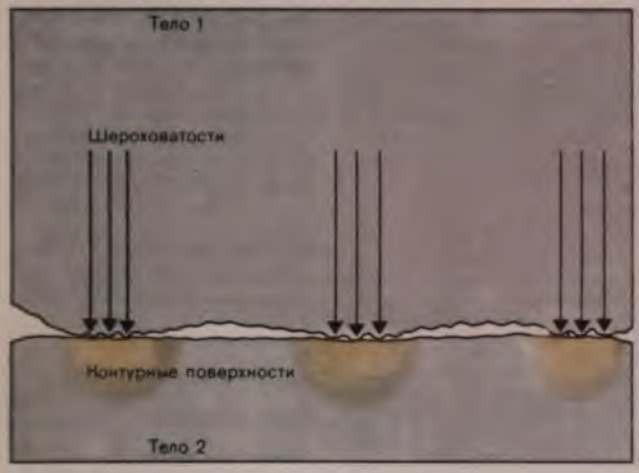


Рис. 3. Контакт двух реальных твердых тел (схема)

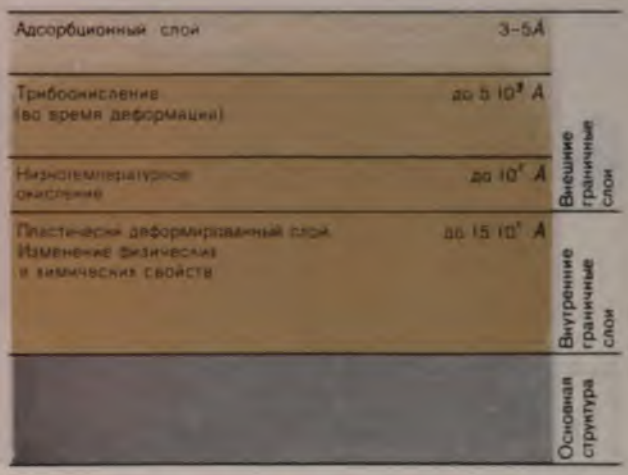


Рис. 4. Схема граничных слоев

малый коэффициент трения и низкий износ.

Кроме двух названных, существует еще широкая и практически наиболее важная область смешанного трения. На некоторых участках, где вершины микронеровностей турщихся тел соприкасаются, смазочная пленка, воспринимающая нагрузку, нарушается, образуя микроскопические площадки непосредственного контакта, которые зачастую концентрируются на так называемых контурных поверхностях (рис. 3). Количество и протяженность этих участков при фрикционном контакте изменяется со временем.

В современных машинах, которые работают при высоких контактных напряжениях, возрастает нагрузка на жидкую смазочную прослойку, что приводит к ее разрушению и возрастанию доли непосредственного касания твердых тел. Поэтому к области смешанного трения привлечено особое внимание специалистов, которые стремятся снизить коэффициент трения и уменьшить износ до значений, характерных для жидкостного трения. При этом используются на поверхностях трения как образующиеся естественно, так и создаваемые целенаправленно граничные слои, особенно посредством адсорбции или реакции между компонентами смазочного вещества и материалом трущихся тел.

Смазочные вещества и присадки

Вначале в качестве смазочных материалов применяли животные и растительные жиры и масла. Затем начали использовать нефтяные дистилляты и к смазкам стали предъявлять дифференцированные требования.

Для этого специальными способами обрабатывали дистилляты, так, например, термоокислительную стабильность повышали сернокислотной очисткой, температурно-вязкостные характеристики улучшали селективной очисткой. Эти способы обработки определяли области применения смазочных материалов в современном машиностроении.

Решающие успехи были достигнуты введением в смазочный материал (в данной статье речь пойдет исключительно о маслах) присадок, позволивших усиливать его специфические положительные качества или определенным образом подавлять нежелательные его свойства. Улучшение некоторых свойств смазочного материала может быть получено также за счет определенных изменений поверхностных слоев. Например, нанесение на поверхность полимерных или иных пленок с вязкоупругими свойствами может значительно расширить границы существования сплошной масляной пленки. Многие свойства компонентов смазочного материала проявляются только на поверхности трущегося тела, так как они связаны с его поверхностными свойствами. Сюда относятся моющее и антикоррозионное действия. К этому причисляют и такие уменьшающие трение и износ эффекты, как противозадирное действие. В дальнейшем мы еще расскажем о роли присадок.

Граничные слои

В начале работы пары трения на поверхностях металлических тел имеются естественные окисные, а также адсорбционные слои. Взаимодействие со смазочным веществом приводит к образованию химически модифицированных (реакционных) слоев. Все они составляют так называемые внешние граничные слои (рис. 4).

В процессе трения структура тела в приповерхностных областях разрушается и образуются внутренние граничные слои. Лишь в более глубоких слоях исходная структура не подвержена воздействию трения.

Граничные слои характеризуются простран-

Рис. 5. Структура граничных слоев и механизмы изнашивания

ственной протяженностью, распределением в них элементов или, соответственно, фаз, а также адгезионной прочностью связи с основным материалом (т. е. прочностью сцепления).

По способу образования внешних и внутренних граничных слоев в процессе трения и по тому, какие свойства (в частности, механические) эти слои приобретают, в существенной мере определяется характер трения и изнашивания при данных условиях нагружения.

Разнообразные механизмы изнашивания, сопоставленные на рис. 5, приводят к разным изменениям твердости трущегося тела по глубине, к резко отличным зависимостям износа от времени и к образованию частиц износа, различающихся по величине, форме и строению даже при одном и том же основном материале истираемого тела.

Это наглядное представление следует рассматривать как пример взаимосвязи строения слоев с механизмом изнашивания, но отнюдь не как универсальную схему. Лишь в специальных случаях изнашивание происходит в результате действия только одного из приведенных механизмов. Большей же частью износ возникает при совместном действии различных механизмов, доля каждого из которых в разных видах трения неодинакова.

Функция присадок, вводимых в базовое масло, состоит именно в том, чтобы при заданных условиях нагружения посредством избирательного взаимодействия с поверхностями трущихся тел образовывать эффективные граничные слои. При частичном или полном нарушении жидкостного трения, т. е. внутреннего трения в жидкой смазочной среде, граничные слои должны препятствовать переходу к трению твердых тел без смазки.

Экспериментальные исследования

Причина недостаточности современного уровня знаний о граничных слоях — не отсутствие подходящих методов: в дополнение к испытанным возможностям физического и химического исследования поверхностей и поверхностных слоев (от мономолекулярных до слоев любой толщины) в последние десятилетия были созданы специальные методы. Но в лабораториях чаще применяется лишь какой-то один или очень малое число таких методов, а это не позволяет комплексно изучать сложный характер граничных слоев и тем самым получать возможно более полное и отчетливое объяснение наблюдаемых явлений. Работы, проводимые в нашем институте, ставят своей целью именно такое комплексное исследование. Наша группа использует следующие методы:

— измерение силы трения;

— измерение износа с помощью геометрических обмеров или радиоактивных меток;

— определение шероховатости и микротвердости;

— металлографические, микроскопические и электроноскопические исследования поверхностей трения, в том числе травленых (обработанных кислотой), позволившие оценивать толщину слоев и покрытий;

— рентгеновская дифракция — для определения фазового состава слоев;

— тонкослойная, газовая хроматография, инфракрасная спектроскопия, ультрафиолетовая и мессбауэровская спектрометрия — для обнаружения продуктов разложения присадки и продуктов реакции в граничных слоях;

— фотоэлектронная микроскопия, микрозондовый и нейтроноактивационный анализ — для определения концентрации элементов в граничных слоях;

— исследования с помощью радиоактивных изотопов (меченых атомов), включающие авторадиографию, — для определения переноса вещества между трущимися телами, оценки меры участия компонентов смазочного материала в образовании слоев, а также для установления распределения исследуемых компонентов на поверхности трения.

Рис. 6. Схематическое представление возможных типов граничных слоев, образующихся на поверхности трения при введении металл-диалкилдитиофосфатов, а также профили концентрации пленкообразующих элементов или соединений

Рис. 7. Система для количественного анализа изображений «Денситрон»

Поверхности трения фрикционных сопряжений по окончании испытания представляют собой в известной степени лишь «моментальный снимок». Ведь условия нагружения изменяются во времени и в локальных микрообластях. Для того чтобы сделать заключение об износе и коэффициенте трения при заданных режимах испытания, необходимо обширное систематическое исследование граничных слоев. Только зная закономерности образования граничных слоев, можно предварительно рассчитать или, как минимум, приблизительно оценить коэффициент трения и износа для соответствующих систем.

Образование таких слоев при введении металл-диалкилдитиофосфатной присадки показано на рис. 6. Схематически даны профили концентрации. При простом нанесении покрытий (I) на металле образуется только внешний граничный слой и концентрационный профиль описывается прямоугольной функцией. При легировании (II) инородные атомы внедряются в поверхность, образуя внутренний граничный слой.

Оба этих случая представляют собой идеализированные состояния и в чистом виде на практике не встречаются. При заданных условиях протекания реакции эти механизмы перекрываются. Образование поверхностного слоя происходит в результате химического взаимодействия между элементами смазки и материалами поверхности трения (III).

Задача эксперимента состоит в том, чтобы выяснить преимущества и недостатки того или иного строения слоя, а также установить, как

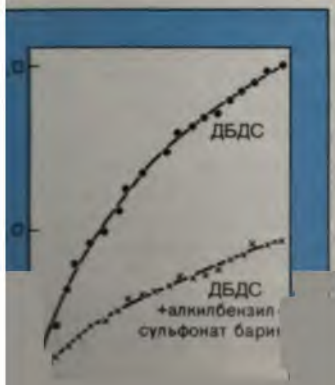
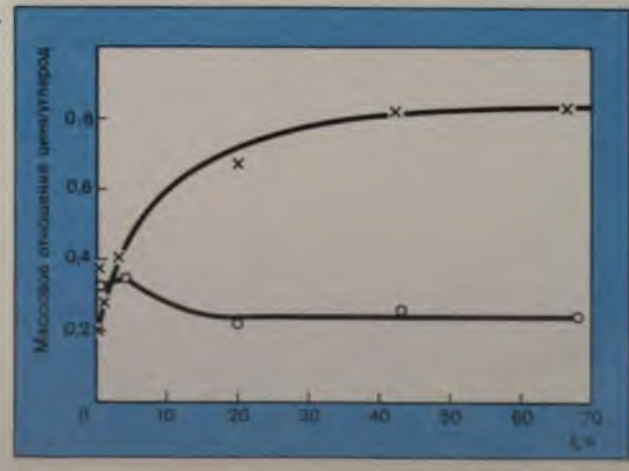


Рис. 8. Образование граничного слоя в присутствии дибензилдисульфида (ДБДС) и алкилбензилсульфоната бария

Рис. 9. Доказательство разложения двояко меченного (Zn^{65}, C^{14}) дициклогексилдитиофосфата цинка при образовании граничных слоев на стальной сфере



можно уменьшить износ и коэффициент трения.

Для исследования граничных слоев (глубинных, а также поверхностных) используется, как уже сказано, авторадиография*. Она позволяет обнаружить распределение меченого вещества истираемого тела или смазочного материала уже при отделении слоя толщиной примерно 1 мкм. Определить более одного элемента в одном испытании этим методом трудно — здесь его возможности ограничены, но зато он позволяет проводить качественный и количественный анализ слоев путем прямой съемки поверхности площадью от 1 мм² до 1 дм². Используются экспрессные методы, например в системе «Денситрон» (рис. 7). Так как эта система оценки изображения пока еще мало распространена, кратко опишем ее действие.

Пленка, полученная с авторадиограммы, находится на освещенном столе. Изображение, воспринимаемое телекамерой в проходящем свете, передается на цветной телеприемник. Цветовое изображение служит лишь для лучшего визуального различения плотности почернения, при этом от темного до светлого тонов устанавливаются шесть градаций плотности, обозначаемые цветами: синим, красным, зеленым, белым, фиолетовым и желтым. Этим облегчаются качественные оценки; для количественных же оценок плотность калибруют, применяя серый клин.

В граничных слоях трибосистемы в процессе трения возникают возбужденные состояния (повышение температуры, давления, упругие и пластические деформации контактирующих твердых тел и т. д.). Реакционная способность присадки по отношению к металлу должна, следовательно, быть рассмотрена с учетом совместного действия этих эффектов. Тем не менее в подобных исследованиях реакционной способности присадок сохраняют так называемые статические условия, когда каждый из них исследуется по отдельности.

Для характеристики способности присадок образовывать граничные слои в нашем институте был специально разработан метод горячей проволоки. Проволока, погруженная в некоторую смазочную среду, путем импульсного пропускания тока разогревается до определенной температуры. Происходит реакция присадки с металлом проволоки, и образуется реакционный слой (например, слой из FeS образуется на железной проволоке в присутствии серусодержащих присадок). Так как проводимость реакционного слоя на несколько порядков меньше, чем металлического железа, то непрерывно следить за расходом железа можно, измеряя электросопротивление. Этот метод дает возможность точно определять кинетику образования слоев при определенных условиях реакций.

Верхняя кривая рис. 8 показывает зависимость образования слоя от времени для серусодержащей модельной присадки (дибензилдисульфид). Одновременно исследовалось влияние на этот процесс типичной присадки двойного действия дисперсант / детергент* в виде алкилбензилсульфоната бария (нижняя кривая). В присутствии этой двойной присадки благодаря конкурентной адсорбции поверхностно-активного сульфоната пленкообразующее действие дисульфида подавляется.

Метод радиоактивных изотопов, хотя и обладает высокой чувствительностью, но в принципе

* *Авторадиография* — метод изучения пространственного распределения радиоактивных веществ в твердом теле наложением на его свободную поверхность или на поверхность среза чувствительной к радиоактивным излучениям фотобумаги или пленки. На фоточувствительном материале в местах, где есть радиоизотопы, образуются почернения, плотность которых пропорциональна концентрации исследуемого вещества. — *Ред.*

Рис. 10. Возникновение мартенсита трения в граничных слоях

* Дисперсант препятствует возникновению отложений, детергент способствует их удалению с поверхности трения. — *Ред.*

является элементным анализом и не определяет химическую форму применяемого радиоизотопа. С помощью двойных радиоактивных меток компонентов смазочного материала в определенных случаях можно избавиться от этого недостатка. В качестве примера назовем двойную радиоактивную маркировку дициклогексилдитиофосфата цинка Zn $(ДТФ)_2$, в который одновременно вводили Zn^{65} и C^{14} (в циклогексильной группе). Смещение отношения масс Zn/C во время эксперимента доказывает химические превращения. При исследованиях на стальных шариках в статических условиях $Zn(ДТФ)_2$, растворенного в гексадекане, было показано, что на поверхностях шариков уже при 100° С осуществляется значительное химическое превращение (рис. 9). При 30° С присадка определенно не разлагается. С помощью этого же метода можно, кроме того, заключить, что при смещении отношения Zn/C образуется весьма однородный состав.

Давно известна также повышенная реакционная активность механически активированных твердых тел по отношению к окружающей среде. Для оценки реакционной активности твердых тел к смазочной среде необходимо принимать во внимание это активированное состояние и уметь моделировать его в статических испытаниях.

О механизме действия некоторых присадок

Дибензилдисульфид при низких давлениях дает высокий износ, но при высоких давлениях предотвращает металлический контакт и схватывание, поэтому его используют как противозадирную присадку. Дибутилдитиофосфат цинка, как и многие другие дитиофосфаты, не очень эффективен при низких нагрузках, но при высоких давлениях значительно снижает износ, его применяют как противоизносную присадку. При исследованиях на четырехшариковой машине трения в отсутствие этих присадок было показано, что при высоких давлениях и соответственно высоких температурах в граничных слоях стальных шариков образуется так называемый мартенсит трения (метастабильный продукт превращения аустенита, который появляется при быстром охлаждении Fe-C-сплава и обусловливает резкое увеличение твердости стали (рис. 10).

Анализ граничных слоев при различных условиях нагружения, их пространственной протяженности, элементного и фазового состава дает возможность устанавливать механизм действия присадок и оптимизировать их подбор. Путем комбинации разных присадок, которые действуют специфично в температурной и нагрузочной областях, можно создать смазочные композиции (пакеты присадок) с высокими эксплуатационными характеристиками.

Наряду с органическими серусодержащими соединениями в смазочные масла в качестве противозадирных присадок добавляются также органические хлорсодержащие соединения. Однако органические соединения хлора сильно увеличивают коррозию и коррозионный износ. Поэтому в масло или добавляют иные компоненты, такие, как аминофенолы, которые задерживают образование HCl, или затрудняют отщепление HCl от органических хлорных соединений путем жесткой связи хлора в молекулах. Из литературы известно, что комбинации органических соединений серы с алкил- или, соответственно, арилхлоридами вызывают существенно более сильное противозадирное действие, чем сами эти компоненты. Путем комплексных исследований граничных слоев может быть показано, что причина такого явления сводится к химической реакции между обеими присадками в масле и к специфическому химическому поведению триарилсульфоний хлорида, образующегося в ходе реакции. Поэтому предполагавшийся до сих пор механизм каталитического действия сульфида железа на образование хлорида железа и обратно не получил подтверждения.

В последнее время все возрастающее внимание привлекают присадки, которые могут образовывать полимерные пленки на поверхностях трения. Речь идет о поликонденсирующихся соединениях. В нашей лаборатории в качестве таких присадок применялся ряд способных к поликонденсации частичных эфиров дикарбоновых кислот и гликолей.

Приведенные примеры показывают, что химия граничных слоев дает средства для оценки и оптимизации смазочных присадок. Добавки соответствующих присадок к смазочным веществам создают эффективную защиту от износа. Комплексное же изучение граничных слоев открывает путь целенаправленного воздействия на трение и износ, разработки новых присадок с улучшенными свойствами. В этой связи исследование граничных слоев приобретает всевозрастающее значение.

ХО ШИ ТХОАНГ (Ho Si Thoang) (р. 1938), вьетнамский химик, доктор химических наук, профессор, заместитель председателя Национального центра научных исследований (НЦНИ) Вьетнама, директор Института химии НЦНИ, заведующий лабораторией катализа и нефтехимии.

Окончил Ханойский университет в 1959 и в 1962 Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.

С 1962 по 1964 работал преподавателем физической химии Ханойского университета, а с 1963 по 1964 заведовал кафедрой физической химии. Изучал гидрирование бензола на никелевом катализаторе в жидкой фазе.

С 1964 по 1967 — аспирант МГУ.

После защиты кандидатской диссертации в 1967 работал во Вьетнаме и в конце 1968 вернулся в МГУ для подготовки докторской диссертации, которую защитил в 1974. За это время опубликовал более 30 работ по каталитическим и другим физико-химическим свойствам высококремнистых цеолитов и цеолитсодержащих катализаторов.

С 1974 по настоящее время работает в НЦНИ Вьетнама (с 1977 — заместителем председателя). В 1975 возглавил организованную им лабораторию катализа и нефтехимии, а в 1978 — созданный по его инициативе Институт химии НЦНИ Вьетнама. С 1978 — главный редактор журнала «Химия» НЦНИ. Активно участвует в разработке мероприятий по сотрудничеству между НЦНИ Вьетнама и АН СССР в области химии. Научные интересы Хо Ши Тхоанга охватывают два направления: каталитический крекинг и каталитический риформинг на цеолитных и полиметаллических катализаторах.

Он — автор более 70 научных трудов, в том числе монографии, написанной совместно с профессором МГУ К. В. Топчиевой «Активность и физико-химические свойства высококремнистых цеолитов и цеолитсодержащих катализаторов».

ХО ШИ ТХОАНГ

Цеолиты — удивительные катализаторы

Немногим более 20 лет отделяет нас от крупного события в истории катализа — открытия уникальных каталитических свойств цеолитов. За это время цеолиты из объекта лабораторных исследований превратились в важнейший компонент промышленных катализаторов. Интересно, что природные минералы — цеолиты известны более 200 лет. Однако лишь после того как научились синтезировать цеолиты в лаборатории, их стали использовать в качестве катализаторов. Сейчас известно 34 типа природных цеолитов и синтезировано более 120 типов.

Цеолиты широко используются не только в химии, химической технологии, но и во многих других областях науки (биохимии, минералогии, геологии, океанографии) и в технике. Их применяют, например, при выделении и очистке парафиновых углеводородов, осушке хладагентов, разделении газов и радиоактивных изотопов, для создания высокого вакуума.

В настоящее время на цеолитных катализаторах работают почти все промышленные установки для получения моторных топлив. Замена ими традиционных алюмосиликатных катализаторов дает общий экономический эффект, исчисляемый сотнями миллионов долларов в год. Цеолитные катализаторы успешно начинают применять и при получении ценных органических продуктов.

Чем же привлекают к себе цеолиты и как объяснить такое многообразие их применения? Чтобы понять это, нужно познакомиться со структурой цеолитов и их физико-химическими свойствами.

Цеолиты — это кристаллические алюмосиликаты, состоящие из тетраэдров SiO_4 и AlO_4.

Каждый из таких тетраэдров соединяется с четырьмя другими через общий атом кислорода. Поэтому, строго говоря, формулу тетраэдров следует записывать так: $SiO_{4/2}$ и $AlO_{4/2}$. Элемент структур цеолита изображен на рис. 1.

Видно, что это рыхлая, ажурная, но в то же время строго регулярная кристаллическая структура. Свободные пространства между неплотно упакованными тетраэдрами (каналы) имеют размеры от 0,3 до 1,3 нм, т. е. они того же порядка, что и размеры многих молекул — воды, газов, углеводородов и др. Именно это и объясняет уникальные свойства цеолитов — способность не только адсорбировать внутри кристаллов многие молекулы, но и «отсеивать» их по размерам; отсюда второе название цеолитов — молекулярные сита.

Характер упаковки тетраэдров в трехмерную кристаллическую решетку определяет типы цеолитов, их принято обозначать латинскими буквами (A, X, Y, ...) или греческими (β, ω, ...).

Существует правило, согласно которому в алюмосиликатной структуре атомное отношение Si/Al не может быть меньше 1; верхней границы этого отношения нет, и известны цеолиты, у которых оно достигает нескольких сотен. Отношение является важной характеристикой цеолита, оно определяет его термическую и химическую устойчивость.

Многочисленными экспериментами установлено, что чем цеолит богаче кремнием, тем прочнее его структура. Так, кристалл цеолита типа A, у которого отношение Si/Al равно единице, наименее стабилен: он разрушается при температурах около 450°C. Цеолиты же с большой величиной отношения Si/Al не боятся температур порядка 1000°C, они также устойчивы в минеральных кислотах.

Повышение стабильности с ростом отношения Si/Al объясняется тем, что при этом увеличивается число более коротких и прочных связей Si—O и снижается число менее прочных связей Al—O.

Кроме атомов Si, Al и O, в состав цеолитов входят также катионы металлов. Они необходимы для сохранения электронейтральности кристаллической решетки цеолита, поскольку каждый тетраэдр $AlO_{4/2}$ заряжен отрицательно (тетраэдр $SiO_{4/2}$ нейтрален).

Это обстоятельство объясняет вторую весьма специфическую черту цеолитов: катионы легко

можно обменивать друг на друга. Так, катионы Na^+, которые обычно присутствуют в цеолитах (природных или синтетических), заменяются на катионы K^+, Ca^{2+} La^{3+} и т. д. при обработке цеолита водным раствором солей этих металлов. Катионный обмен — это основной способ, с помощью которого можно изменять состав, а следовательно, и свойства цеолитов. Именно так в 1962 г. и были получены первые каталитически активные цеолиты.

Катионы натрия, подавляющие каталитические реакции, удаляют из цеолита либо заменой на катионы поливалентных металлов (щелочноземельные или редкоземельные катионы), либо так называемым декатионированием. В последнем случае ион Na^+ замеияется на ион аммония NH^+_4, а в результате последующей термообработки удаляется газообразный NH_3, а освободившийся протон «прикрепляется» к атому кислорода O, образуя кислотную OH-группу, при этом число OH-групп соответствует числу атомов Al.

В промышленности цеолиты получают при нагревании водных смесей, содержащих воду, щелочь, метасиликат и алюминат натрия. И хотя таким путем цеолиты были синтезированы еще в прошлом веке, систематические исследования в области синтеза цеолитов были начаты лишь в конце 40-х годов.

Структура получаемого цеолита зависит от температуры, соотношения метасиликата и алюмината натрия и особенно от природы щелочного компонента. В последние годы стали применять различные органические основания (например, гидроксиды тетраалкиламмония) или их добавки к щелочам. Таким путем были получены новые типы цеолитов, среди которых особый практический интерес представляют высококремнистые цеолиты ZSM.

Мы уже говорили о том, что цеолит способен адсорбировать молекулы, размер которых меньше размеров каналов. Этот эффект используют в процессах разделения газов и смесей углеводородов. Так, цеолит CaA* применяют в промышленном масштабе для отделения парафиновых углеводородов линейного строения от разветвленных углеводородов. Интересно, что хотя цеолит имеет каналы определенного размера, их можно все же незначительно изменять путем ионного обмена. Так, у цеолита типа A при замене катионов Na^+ на K^+ размер каналов уменьшается (до 0,3 нм), а при замене на Ca^{2+} — увеличивается до 0,5 нм. Такой особенностью обладают и другие типы цеолитов.

Но этим далеко не исчерпываются возможности регулирования адсорбционных свойств цеолитов. Недавно разработанный способ так называемого деалюминирования (извлечения части атомов Al из решетки цеолитов) быстро нашел практическое применение. Получающиеся при этом высококремнистые цеолиты оказались очень селективными адсорбентами для выделения молекул органических веществ из водных растворов. Деалюминированные цеолиты сейчас успешно используют при выделении кофеина из кофе и этилового спирта из пива (производство безалкогольного пива), а также в аппаратах типа «искусственная почка» при удалении токсичных веществ из крови.

Однако наиболее революционизирующее действие цеолиты оказали на каталитическую химию. В истории развития катализа ни один тип катализаторов не привлек к себе столько исследователей, как цеолиты. Достаточно сказать, что в конце 60-х — начале 70-х годов почти во всех каталитических лабораториях мира стали работать с цеолитами. Благодаря этому катализаторы на их основе быстро нашли успешное применение в превращениях органических и неорганических соединений, и прежде всего в процессах нефтепереработки и нефтехимии.

Среди реакций, которые катализируются цеолитами, важнейшее место занимает крекинг углеводородов нефтяного происхождения. В соответствии с классификацией каталитических реакций крекинг углеводородов принадлежит к кислотно-основному типу. Сюда также относятся реакции алкилирования, изомеризации, дегидратации и некоторые другие. В процессах этого типа в результате взаимодействия катализатора с исходным веществом образуется заряженный промежуточный комплекс, представляющий собой положительный ион — карбокатион. Он

СТО ЛЕТ НАЗАД

АНГЛИЯ. *Некоторые английские газеты говорят о новом патенте на постройку мостов из стекла, которое закаляют особым образом. Опыты, произведенные на одной линии конно-железной дороги, дали поразительные результаты: стоимость всей конструкции дешевле железных и деревянных мостов. При этом же стекло не разрушается ни насекомыми, ни ржавчиной, а прочность стеклянных мостов не оставляет желать ничего лучшего.*

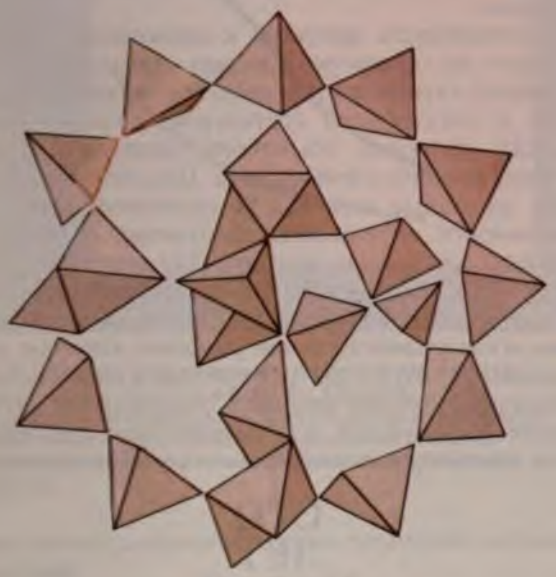
«Техник»

НЬЮ-ЙОРК. *Несколько месяцев тому назад на одном американском заводе были произведены опыты приготовления стали прямо из руды. Под печи приготовляется из смеси графита с толченым огнеупорным кирпичом. Руду, измельченную в небольшие куски, вводят в печь всю разом. Для нагревания печи пользуются «водяным газом». Восстановление руды идет отчасти за счет графитового пода, отчасти за счет углерода и водорода генераторных газов. Когда руда уже расплавилась, то приток воздуха уменьшается, чем достигается в печи восстановительное пламя.*

«Техник»

* В обозначении цеолита обычно указывают катион (Na, Ca, La и т. д.) и структурный тип. — *Ред.*

Рис. 1. Элемент структуры цеолита



образуется либо при переносе протона H^+ от катализатора к двойной связи олефина, либо при переносе гидрид-иона H^- от молекулы насыщенного углеводорода к катализатору.

Роль доноров протонов на поверхности цеолита (кислотных протонных центров) играют гидроксильные группы (ОН-группы). Эти центры также называются бренстедовскими.

Карбокатион может быть образован и на центрах другого типа — апротонных кислотных центрах (льюсовских центрах). Они представляют собой координационно-ненасыщенные атомы поверхности.

Карбокатион как промежуточный продукт очень реакционноспособен и претерпевает дальнейшие превращения: расщепление, изомеризацию, полимеризацию и т. п.

Каталитическую активность цеолита в большинстве реакций связывают именно с кислотной природой центров на его поверхности. Их существование подтверждено многочисленными экспериментами с применением инфракрасной спектроскопии. Так, ОН-группы, отвечающие за бренстедовскую кислотность цеолита, при адсорбции молекул пиридина, дают ион пиридиния, который характеризуется точно такой же полосой в спектре (1550 $см^{-1}$), что и при взаимодействии этого основания с растворами обычных кислот. С другой стороны, при адсорбции пиридина образуется и координационный комплекс (полоса 1450 $см^{-1}$), он возникает на апротонных центрах цеолита.

Оба типа центров могут переходить друг в друга, причем соотношение между ними зависит от температуры. При удалении ОН-групп (дегидроксилировании) каталитическая активность в большинстве реакций падает. Это связано с тем, что дегидроксилирование поверхности приводит к напряженной структуре цеолитов, поэтому, как мы видели выше, для стабилизации последней необходимо обеспечить высокое отношение Si/Al. В последнее время установлено, что прокаливание декатионированного цеолита (об этой его обработке уже было сказано) в определенных условиях приводит к переходу части алюминия из кристаллической структуры в состояние свободного подвижного катиона. Полученный таким образом цеолит имеет повышенное отношение Si/Al и, соответственно, повышенную стабильность. Этот тип цеолитов обычно называют «ультрастабильным», он прекрасный катализатор для крекинга углеводородов.

Путь генерации ОН-групп на цеолитах, содержащих поливалентные катионы (типа La^{3+}), несколько сложнее, чем на декатионированных. Здесь уместно напомнить, что в ранний период развития цеолитного катализа некоторые исследователи полагали, что роль активных центров на катионных формах цеолитов играют сами катионы, несимметрично расположенные между отрицательными зарядами $AlO_{4/2}$-тетраэдров. Эта гипотеза, однако, вскоре была отвергнута, поскольку не только на декатионированных, но и на катионных формах цеолитов были обнаружены кислотные ОН-группы.

Таким образом, природа поверхности декатионированных и катионных форм цеолитов во многом сходна: на тех и на других существуют как протонные, так и апротонные центры. В то же время в катализе обычно используют катионные формы цеолитов. Это объясняется тем, что катионы существенно стабилизируют структуру и в конечном счете увеличивают каталитическую активность.

Мы уже говорили, что сейчас вся нефтеперерабатывающая промышленность мира использует цеолитсодержащие катализаторы, которые полностью вытеснили ранее применявшиеся алюмосиликаты. Каковы же лучшие качества цеолитных катализаторов, в чем их преимущество по сравнению с алюмосиликатами?

1. Цеолиты имеют высокую концентрацию сильных кислотных центров и, как следствие этого, высокую каталитическую активность.

Известно, что по разным причинам кислотные центры на поверхности катализаторов энергетически неоднородны, т. е. они характеризуются различными энергиями взаимодействия с одним и тем же реагентом, отличаются по «силе». Для определения как концентрации, так и «силы» кислотных центров на поверхности катализаторов сейчас разработаны довольно надежные

методы. Так, по инфракрасным спектрам адсорбированного на кислотных центрах пиридина можно детально изучать неоднородность катализаторов.

По сравнению с алюмосиликатами цеолиты характеризуются не только значительно большим общим числом кислотных центров, но, что очень важно, большая часть этих центров относится к «очень сильным». Это хорошо видно на рис. 2, где приведены полученные нами кривые распределения кислотных центров цеолита и алюмосиликата по их «силе» (энергии взаимодействия с молекулами аммиака). Поскольку полагают, что между кислотностью и каталитической активностью существует прямая связь, этим и объясняют превосходство цеолитов над алюмосиликатами и в каталитическом действии. Эксперимент показал, что для превращения индивидуальных углеводородов константа скорости реакции на цеолитах часто в сотни-тысячи раз больше, чем на алюмосиликатах. В крекинге газойлевой фракции нефти разница в каталитическом действии двух типов катализаторов огромна. Так, для катализаторов на основе алюмосиликата индекс активности (весовой процент бензина по отношению к сырью) колеблется около 40, и выигрыш в несколько процентов уже считается крупным успехом. Использование цеолитных катализаторов в тех же условиях повышает индекс активности до 55—60, иногда даже до 70. Вместе с тем благодаря высокой кислотности цеолиты интенсивнее ведут реакции изомеризации, приводящие к разветвлению парафиновых углеводородов, что повышает качество бензина.

Но не обошлось и без трудностей. Высокая каталитическая активность цеолитов приводит к тому, что скорость химического превращения опережает скорость других физических процессов, в частности диффузии (а сейчас совершенно ясно, что реагирующие молекулы проникают внутрь каналов цеолитной структуры путем диффузии). Поэтому суммарный процесс каталитического превращения будет определяться скоростью самого медленного звена, т. е. скоростью диффузии. В системах пор молекулярного размера диффузия реагирующих веществ затруднительна, в результате чего бóльшая часть мощного каталитического воздействия цеолитов остается неиспользованной. Был найден очень простой выход. Цеолит смешали с алюмосиликатом, у которого каналы значительно шире (размер каналов алюмосиликата можно регулировать от нескольких до сотен нм). Такая «гибридизация» быстро себя оправдала. Более того, оказалось, что цеолит, равномерно распределенный в алюмосиликате, проявляет даже большую активность, чем в чистом виде. Обычно катализатор, состоящий из 10—20% цеолита и 80—90% алюмосиликата, не слишком уступает цеолиту по его способности к крекингу нефтяных фракций и вместе с тем превосходит его по другим технологическим показателям.

2. Каталитические свойства цеолита можно легко модифицировать с помощью катионного обмена.

Способность цеолитов к катионному обмену делает их «универсальными» катализаторами. Каждый катион характеризуется зарядом, размером и электронной структурой, поэтому связь между природой обменного катиона и свойствами цеолита очень сложна. Цеолиты, содержащие щелочные катионы, не проявляют заметной активности в реакциях, требующих сильных и средних кислотных центров. Так, крекинг углеводородов не протекает на этих цеолитах. Однако в других реакциях кислотного типа (алкилирование, изомеризация, полимеризация), которые, как правило, требуют центров средней и слабой силы, щелочные формы цеолитов оказываются активными. В частности, для димеризации пропилена или перемещения двойной связи олефинов натри-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. *Яблочков в свое время старался найти состав, производящий при горении электричество. В настоящее время этим вопросом занимается во Франции Брард. Он обжигает уголь при высокой температуре под окисляющим действием азотнокислого кали или натра. Получаются кирпичики, заворачиваемые в асбестовую бумагу. Угольные и селитряные призмы отделены асбестовой пластинкой и в каждую введен электрод. При сжигании оба вещества плавятся, давая чистую сиропообразную массу и производя ток. Сожжение одного кирпичика дает ток, достаточно сильный для обыкновенного звонка.*

«Инженер»

РОССИЯ. *Аккумуляторы, т. е. электрические силособиратели, которыми теперь интересуется весь мир электротехников, до сих пор не дали ответа на спрос и не удовлетворили требованиям из-за тяжести их и потери сил.*

Вопрос о собирании силы, несмотря на его важность, нельзя считать решенным, и в нем открывается широкое и благодарное поле для деятельности техников в будущем.

«Техник»

ГЕРМАНИЯ. *В своем новоконструированном плавильном приборе электротехник В. Сименс пользуется огромной теплотой вольтовой дуги. Все тугоплавкие металлы и сплавы легко плавятся в удобном лабораторном приборе. Высокая температура, развиваемая электрическим током в плавильном тигле, неограничена, и, вероятно, этим путем можно будет произвести такие опыты, к которым уже давно стремились, но для исполнения которых необходима высокая температура, которую до сих пор предполагали только на Солнце и на очень светлых звездах. Здесь, вероятно, идет речь о разложении основных химических элементов. Весьма возможно, что этот плавильный тигель послужит орудием химии будущего, что откроет новые пути для научных исследований.*

«Техник»

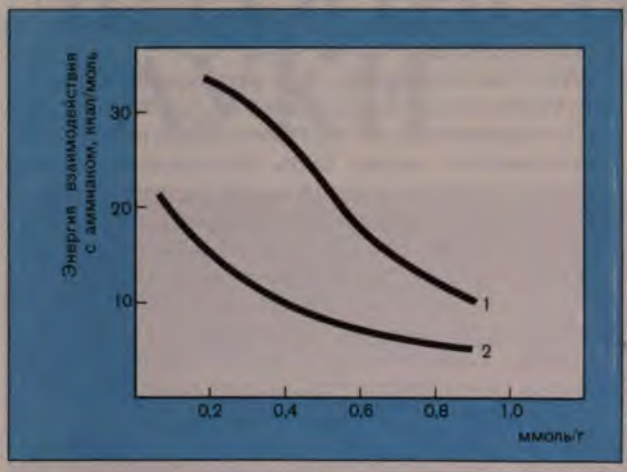


Рис. 2. Распределение кислотных центров цеолита (1) и алюмосиликата (2) по их «силе». Принято, что одна молекула аммиака адсорбируется на одном кислотном центре любого типа, поэтому число кислотных центров выражается в миллимолях аммиака на грамм катализатора

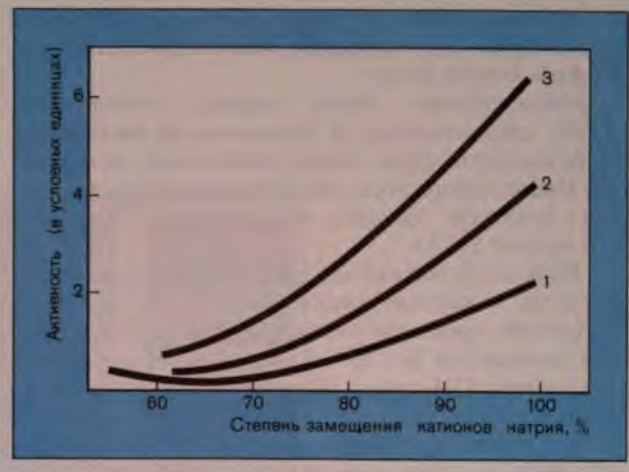


Рис. 3. Зависимость активности цеолитов в крекинге изооктана от степени удаления катионов натрия путем обмена на катионы NH_4^+ с последующим нагреванием (1), катионы Ca^{2+} (2) и катионы La^{3+} (3)

евые цеолиты являются очень хорошими катализаторами.

Обмен катионов натрия на двухвалентные (Ca^{2+}, Mg^2 ...) и трехвалентные (La^{3+}, редкоземельные элементы — РЗЭ) катионы и декатионирование приводят к появлению у цеолитов кислотных свойств. Мы исследовали зависимость активности в крекинге изооктана от степени замещения катионов натрия для трех типичных способов модифицирования цеолитов: декатионирования, обмена на катионы кальция и лантана (рис. 3). Из рисунка видно, что эта зависимость не имеет линейного характера, кроме области 85—100%. В практике не используют цеолиты со степенью замещения, меньшей 95%. В области ниже 50—60% цеолиты в реакции крекинга весьма малоактивны.

Поставленные нами эксперименты показали, что по каталитическим свойствам цеолиты, содержащие катионы РЗЭ, лучше, чем цеолиты в кальциевой или декатионированной формах (см. рис. 3). Однако, если учитывать экономические показатели, пока еще трудно отдать предпочтение какому-либо типу катализатора. Сейчас в промышленности в основном используют катализаторы на основе РЗЭ-содержащего и ультрастабильного цеолитов.

С другой стороны, поливалентные катионы, как говорилось выше, придают цеолитам повышенную термическую устойчивость. Поэтому лучше сочетать обмен на поливалентные катионы с декатионированием. Результаты исследований таких катион-декатионированных цеолитов оказались на редкость интересны. Выяснилось, они обладают исключительно высокой кислотностью и каталитической активностью. В качестве обменных выступают те же катионы: лантан, РЗЭ, кальций. В катион-декатионированных цеолитах содержание поливалентных катионов можно изменять от 30 до 70% в зависимости от отношения Si/Al. Остальную часть катионов натрия необходимо удалять.

3. Серьезное достоинство цеолитов — возможность варьировать их каталитические свойства путем изменения отношения Si/Al.

Каждый цеолит имеет свой интервал изменения отношения Si/Al. Мы говорили, что в цеолите типа А это отношение близко к единице; в цеолите X — от 1,0 до 1,6; в цеолите Y — от 1,7 до 3,0; в цеолите М — около 10 и т. п. Для приготовления катализаторов крекинга чаще других используют цеолиты Y. Цеолиты типа М несмотря на очень высокую термостабильность кристаллической структуры и высокую кислотность практически не используются в процессе крекинга, так как размер их свободных каналов не превышает 0,7 нм.

Казалось бы, что для одного типа кристаллической структуры чем выше доля атомов алюминия (ниже отношение Si / Al), тем больше ОН-групп — кислотных центров и, как следствие, выше каталитическая активность. На самом же деле картина обратная, и при росте отношения Si/Al кислотность и каталитическая активность увеличиваются. Причина этого кажущегося парадокса заключается в том, что для высокотемпературных катализаторов важна концентрация не максимально возможных, а стабильных ОН-групп на поверхности. Дело в том, что удаление ОН-групп с поверхности цеолита происходит тем труднее, чем больше среднее расстояние между ними. Действительно, нами установлено, что температура 500°С достаточна для полного удаления ОН-групп у цеолита с отношением Si/Al=2, однако увеличение отношения Si/Al до 2,8 повышает эту температуру до 700°С. Отсюда следует,

что концентрация ОН-групп, остающихся после термообработки, тем выше, чем выше отношение Si/Al.

Исследования связи между отношением Si/Al, кислотностью и активностью цеолитных катализаторов дали очень интересные результаты. Выше говорилось, что путем деалюминирования цеолитов удалось значительно увеличить отношение Si/Al.

При этом оказалось, что максимальная кислотность и каталитическая активность цеолитов в реакции крекинга углеводородов наблюдается при отношении $Si/Al \sim 5$, а при больших значениях число ОН-групп убывает по мере удаления алюминия.

4. Наконец, самое важное преимущество цеолитов — регулярность их кристаллической структуры.

Это обстоятельство в значительной мере облегчает исследовательские работы и, таким образом, ускоряет внедрение цеолитных катализаторов. В настоящее время структуры всех типов синтетических и природных цеолитов уже расшифрованы. Кроме того, с помощью рентгеноструктурного анализа и других физических методов (электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, инфракрасная спектроскопия) было выяснено распределение обменных катионов и ОН-групп в решетке цеолита. Сейчас благодаря достигнутым успехам в исследованиях кристаллической структуры цеолитов стал возможен строго направленный синтез цеолитных катализаторов.

Обычно каталитическая активность пропорциональна кристалличности цеолита. При промышленной эксплуатации цеолит теряет от 30 до 60% своей кристалличности (в зависимости от типа структуры и катионного состава). Однако здесь же происходит и деалюминирование, с которым выше мы уже познакомились, что, в свою очередь, улучшает качество цеолита, поэтому в конечном счете потеря каталитической активности оказывается не столь большой.

В последние годы особый интерес вызывают цеолиты с внедренными в их кристаллическую структуру металлами. Цеолиты являются совершенно уникальным твердым пористым телом, в котором можно равномерно распределить металл в высокодиспергированном состоянии. Этим методом были получены Pt-содержащие катализаторы с равномерным распределением платины в виде небольших атомных ансамблей (кластеров). Такие системы, помимо большой практической значимости, дали также возможность выяснить ряд вопросов, связанных и с каталитическими свойствами самого металла.

Сейчас интенсивно исследуются цеолиты с внедренными в них комплексными соединениями. Цеолиты типа X с комплексами проявляют высокую каталитическую активность в низкотемпературном превращении окиси углерода и водорода в углеводороды.

Мы уже говорили, что регулярная пористая структура цеолитов оказывает большое влияние и на селективность их каталитического действия. Селективность может быть обусловлена соотношением размеров реагирующих молекул и каналов цеолитов. Очевидно, что цеолит катализирует лишь превращение молекул, размер которых позволяет им проникать в каналы. Хороший пример — дегидратация нормального бутилового и изобутилового спиртов на цеолитах CaA и CaX, имеющих каналы 0,5 и 1 нм. В то время как на цеолите CaX оба спирта хорошо дегидратируются, на цеолите CaA лишь нормальный бутиловый спирт претерпевает превращение, а изобутиловый из-за большего размера молекул, чем каналы цеолита, практически не реагирует.

С другой стороны, возможен и такой случай, когда селективность обусловлена размером молекул продуктов реакции. Иначе говоря, катализатор ускоряет лишь реакции, продукты которых могут беспрепятственно выйти через его каналы. Сюда можно отнести селективное гидрирование этилена в его смеси с пропиленом при пропускании этой смеси и водорода через палладий, нанесенный на цеолит типа M.

Широкое использование цеолитов в промышленности во многом определяет дальнейший технологический прогресс в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности.

Недавно появились сообщения о возможности применения цеолитов типа ZSM в прямом превращении метанола в бензин. Этот процесс открывает большие перспективы для получения моторных топлив из сырья не нефтяного происхождения. Сейчас уже введены в действие первые полупромышленные установки такого типа.

Несмотря на огромные масштабы применения цеолитов, их потенциальные возможности как уникальных катализаторов далеко не исчерпаны. Можно ожидать, что в ближайшие годы существенно увеличится число каталитических процессов с применением цеолитов, прежде всего нефтехимических, а также процессов тонкого органического синтеза. Ученые надеются также, что цеолиты помогут лучше понять природу самого катализа.

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

Одно за другим выясняется все. Не сбиваясь
Темною ночью с пути, ты узнаешь
все тайны природы,
И постоянно одно зажигать
будет светоч другому.

Лукреций

Математика и вычислительная техника

Физика

Астрономия

Механика

Космические исследования

Химия

Биология, медицина, сельское хозяйство

Науки о Земле

История, археология, этнография

Философия, социология, право

Экономика

Филология

А. Н. БАЖЕНОВ,
кандидат исторических наук

В. Н. БУТРОВ,
сотрудник АМН СССР

Ю. И. БЫСТРАКОВ,
доктор экономических наук

П. А. ВЛАДИМИРОВА,
кандидат ветеринарных наук

Р. М. ГАБИТОВА,
сотрудник АН СССР

О. П. ГРУШНИКОВ,
кандидат химических наук

В. Е. ГУЛИЕВ,
доктор юридических наук

Л. В. ДЕСИНОВ,
сотрудник госцентра «Природа»

В. Г. ДЖАНГИРЯН,
кандидат исторических наук

С. В. ЗАИКА,
кандидат филологических наук

И. Б. ИВАНОВ,
кандидат геолого-минералогических наук

Л. П. КУЗЬМИНА,
кандидат исторических наук

Л. В. КУМЕЛАН,
сотрудник АН СССР

Р. И. КУРИАТ,
кандидат технических наук

С. Н. ЛАПИНА,
кандидат экономических наук

С. И. ЛАРИН,
сотрудник АН СССР

В. Н. ЛУКАШ,
кандидат физико-математических наук

А. Г. МАСЕВИЧ,
доктор физико-математических наук

В. С. МЕДВЕДЕВ,
доктор технических наук

И. С. НАРСКИЙ,
доктор философских наук

В. П. НЕРОЗНАК,
доктор филологических наук

С. А. НИКИТИН,
сотрудник АН СССР

А. П. ОГНЕВ,
кандидат экономических наук

С. В. ОШИБКИНА,
кандидат исторических наук

А. М. ПЕТРОВ,
кандидат экономических наук

Ф. П. ПЕТРОВ,
кандидат исторических наук

С. И. ПОТАБЕНКО,
кандидат исторических наук

А. В. ПОТАПОВ,
сотрудник АН СССР

А. Г. РОДНИКОВ,
кандидат геолого-минералогических наук

Е. Л. РУДНИЦКАЯ,
доктор исторических наук

С. К. САМСОНОВ,
кандидат географических наук

Н. Н. САМУСЬ,
кандидат физико-математических наук

А. А. СЕМЕНОВ,
кандидат исторических наук

В. Б. СЕОЕВ,
кандидат исторических наук

С. Н. СМИРНОВ,
доктор философских наук

В. И. ТИЩЕНКО,
кандидат философских наук

Г. Н. ТИЩЕНКО,
кандидат химических наук

Ф. Р. ФИЛИППОВ,
доктор философских наук

А. Т. ФОМЕНКО,
доктор физико-математических наук

Б. А. ФРОЛОВ,
доктор исторических наук

В. Е. ЧИРКИН,
доктор юридических наук

П. И. ЧУШКИН,
доктор физико-математических наук

Ю. Л. ШУЛЬЖЕНКО,
кандидат юридических наук

Б. М. ШУСТОВ,
кандидат физико-математических наук

Я. Н. ЩАПОВ,
доктор исторических наук

Математика и вычислительная техника

О проблеме Пуанкаре

В 1904 г. известным французским математиком А. Пуанкаре был поставлен вопрос, который упрощенно можно сформулировать следующим образом: как распознать стандартную трехмерную сферу в классе всех трехмерных многообразий?

Разъясним теперь понятия, участвующие в этой формулировке. Начнем с более простого случая двумерных многообразий, или, как их иногда еще называют, двумерных поверхностей, которые допускают простое алгоритмическое описание. Будем считать, что в дальнейшем рассматриваются только «связные» поверхности (т. е. состоящие из одного куска). Самая простая из них — стандартная двумерная сфера (рис. 1) радиуса R, задающаяся в трехмерном евклидовом пространстве уравнением

$$x^2+y^2+z^2=R^2,$$

где x, y, z — обычные декартовы координаты точки.

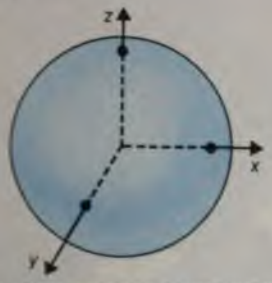
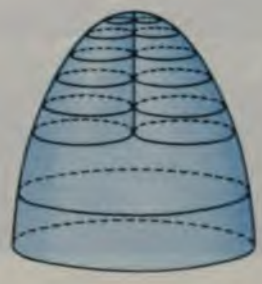
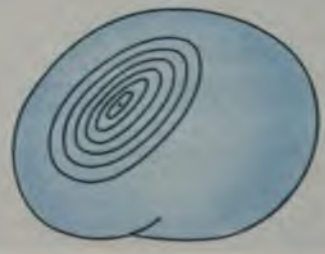


Рис. 1. Стандартная двумерная сфера в трехмерном евклидовом пространстве
Рис. 2. Сфера с двумя ручками
Рис. 3. Лист Мебиуса (внизу), получающийся при склеивании противоположных сторон прямоугольника (вверху) с перевертыванием (совмещением стрелок)
Рис. 4. Скрещенный колпак
Рис. 5. Сфера с дырками, заклеенными листами Мебиуса
Рис. 6. Нестягиваемая петля на торе (жирная линия)
Рис. 7. Любая петля на сфере стягивается в точку

Остальные двумерные поверхности «первой серии» (или ориентируемые) получаются из сферы способом, показанным на рис. 2. Из сферы нужно выбросить четное число непересекающихся дисков, т. е. вырезать в ней $2g$ дырок, и приклеить g «ручек» (обычных изогнутых цилиндров) так, чтобы каждое основание ручки заклеивало ровно одну дырку в сфере. Такие поверхности называются сферами с ручками. Следует подчеркнуть, что мы рассматриваем все объекты с точностью до гомеоморфизма или, другими словами, мы не различаем между собой поверхности, получающиеся друг из друга непрерывной деформацией, в процессе которой не происходит склеек разных точек поверхности и разрывов (формальное определение гомеоморфизма таково: две поверхности называются гомеоморфными, если между их точками можно установить взаимно-однозначное соответствие, непрерывное в обе стороны). Для наглядности представим себе, что поверхности сделаны из тонкой резины: их можно растягивать, деформировать, но запрещено их разрывать или же склеивать их разные точки. Поверхности, получающиеся друг из друга подобным способом, и называют гомеоморфными.





Поверхности «второй серии» (неориентируемые поверхности) также получаются из обычной сферы, но другим способом: в сфере нужно вырезать несколько дырок и заклеить каждую из них листом Мебиуса. Как это делается? Обычный лист Мебиуса получается из прямоугольника при «отождествлении» двух его противоположных сторон с перевертыванием (рис. 3). Граница листа Мебиуса — окружность. Граница дырки, вырезанной в сфере, — также окружность. Поэтому эти две окружности можно склеить, отождествить. Тем самым мы приклеим лист Мебиуса к сфере, «заклеим» в ней дырку. Изобразить все это в трехмерном пространстве сложнее, чем в случае сфер с ручками. Дело в том, что окружность, являющаяся границей листа Мебиуса, «вложена» в пространство более сложно, чем обычная плоская окружность. Если привести границу к такому плоскому виду, то лист Мебиуса подвергнется деформации, в процессе которой на нем появятся самопересечения. В результате получится поверхность, изображенная на рис. 4 (скрещенный колпак; для наглядности показаны сечения этой поверхности плоскостями, перпендикулярными отрезку самопересечения), а сфера с дырками, заклеенными листами Мебиуса, будет выглядеть примерно так, как это изображено на рис. 5. В четырехмерном пространстве самопересечения, по-

явившиеся на поверхности второй серии, можно устранить, поэтому можно считать, что поверхности не имеют «особых точек». Итак существуют две серии двумерных поверхностей. Оказывается, в некотором определенном смысле они исчерпывают собой все многообразие двумерных поверхностей без границы, если их определять аксиоматически как множества, каждая точка которых имеет окрестность, гомеоморфную двумерному диску.

Обычная сфера выделяется среди всех двумерных поверхностей: она представляет собой простейшую поверхность. Под этим подразумевается следующее. Нарисуем на поверхности замкнутую петлю, т. е. линию, начинающуюся и заканчивающуюся в одной и той же точке. Затем, непрерывно деформируя петлю по поверхности (она все время должна скользить по поверхности), попытаемся стянуть петлю в точку. Ясно, что, вообще говоря, для произвольной поверхности нам этого сделать не удастся. Например, если петля нарисована на торе (являющемся сферой с одной ручкой), как это показано на рис. 6, она не стянется в точку ни при какой ее деформации по тору. Напомним, что разрывать петли запрещается. В то же время любая петля, нарисованная на сфере, стягивается в точку (рис. 7). Именно это свойство кардинально отличает сферу от остальных двумерных поверхностей.

Более точно: 1) любая замкнутая петля, нарисованная на сфере, стягивается по ней в точку, 2) на любой поверхности описанных выше типов, отличной от сферы, всегда существует такая петля, которая не может быть стянута в точку. Будем говорить, что поверхность односвязна, если любая петля, нарисованная на ней, стягивается в точку, и неодносвязна — в противном случае. В этой терминологии обычная сфера односвязна, а все остальные двумерные поверхности неодносвязны.

Применительно к двумерным поверхностям сформулированный выше вопрос Пуанкаре звучит так: если задана некоторая двумерная поверхность (геометрически, или с помощью алгебраического уравнения, или еще каким-либо, быть может, достаточно сложным способом), то как узнать, является ли она сферой? Другими словами, как выделить обычную сферу среди всех поверхностей? Ответ нам уже известен. В самом деле, если мы убедимся, что любая замкнутая петля стягивается по поверхности в точку, то эта поверхность представляет собой обычную сферу (гомеоморфна ей). Если же мы нашли нестягиваемую петлю, то поверхность не гомеоморфна сфере. В топологии известны простые алгоритмические способы, позволяющие отвечать на вопрос: односвязна ли данная двумерная поверхность. При этом не требуется перебирать все петли (которых бесконечно много) — ответ получается после конечного числа шагов.

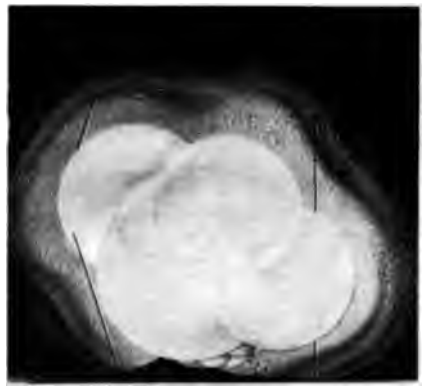
Однако двумерными поверхностями в трехмерном пространстве не исчерпывается множество подобных объектов, с которыми сталкиваются математики, механики, физики... Простейшая «многомерная» поверхность — стандартная сфера, задаваемая в евклидовом пространстве размерности $n+1$ как множество точек с координатами $(x_1, \ldots x_{n+1})$, удовлетворяющих соотношению

$$x^2_1 + \ldots + x^2_{n+1} = R^2,$$

где R — радиус сферы. Число n — размерность сферы.

Как и в двумерном случае, некоторые многомерные поверхности получаются из n-мерной сферы, перестройками, похожими на описанные выше. Но для размерностей, больших чем два, таких перестроек уже недостаточно для получения всех возможных многомерных поверхностей. Более того, оказывается, что поверхности размерности четыре и выше в принципе не допускают никакой разумной алгоритмической классификации (в отличие от двумерных поверхностей, где такая классификация существует и она чрезвычайно проста — фактически мы привели ее, описав две серии поверхностей: сферы с ручками и сферы, заклеенные листами Мебиуса). Как доказал член-корреспондент АН СССР А. А. Марков в 1958 г., для больших размерностей (начиная с четырех) не существует никакого разумного алгоритма, который, действуя по «единой программе», давал бы ответ на вопрос, являются ли две многомерные поверхности гомеоморфными (для любой их пары). Остается надеяться лишь на то, что нам удастся научиться алгоритмически распознавать хотя бы простейшие многообразия, например стандартную n-мерную сферу.

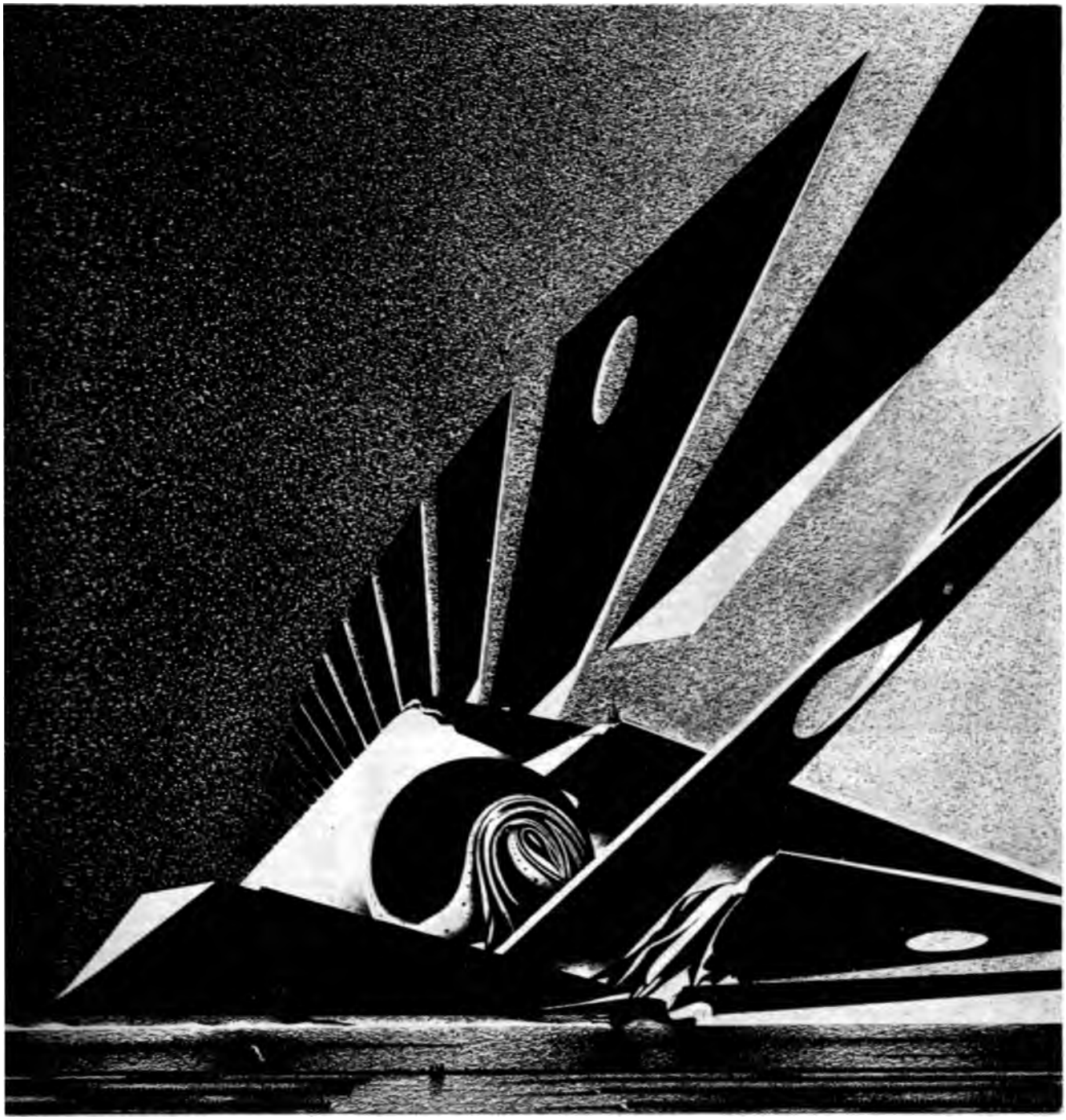
Первый нетривиальный случай —



Автор представленных здесь рисунков — доктор физико-математических наук А. Т. Фоменко

Наглядное изображение достаточно сложных геометрических и топологических понятий чрезвычайно полезно не только в методических целях (некоторые из таких рисунков успешно используются в преподавании современной геометрии), но и для развития пространственного воображения. Следует при этом отметить естественную трудность, возникающую при попытке изобразить на плоскости «многомерные объекты», в частности четырехмерные конструкции. Для этого приходится прибегать к «разверткам по времени», считая его четвертой координатой. Но даже такое допущение часто не позволяет добиться адекватного изображения. Поэтому «многомерные» рисунки по необходимости содержат «неформальные» моменты, позволяющие хоть в какой-то степени передать суть изображаемого процесса.

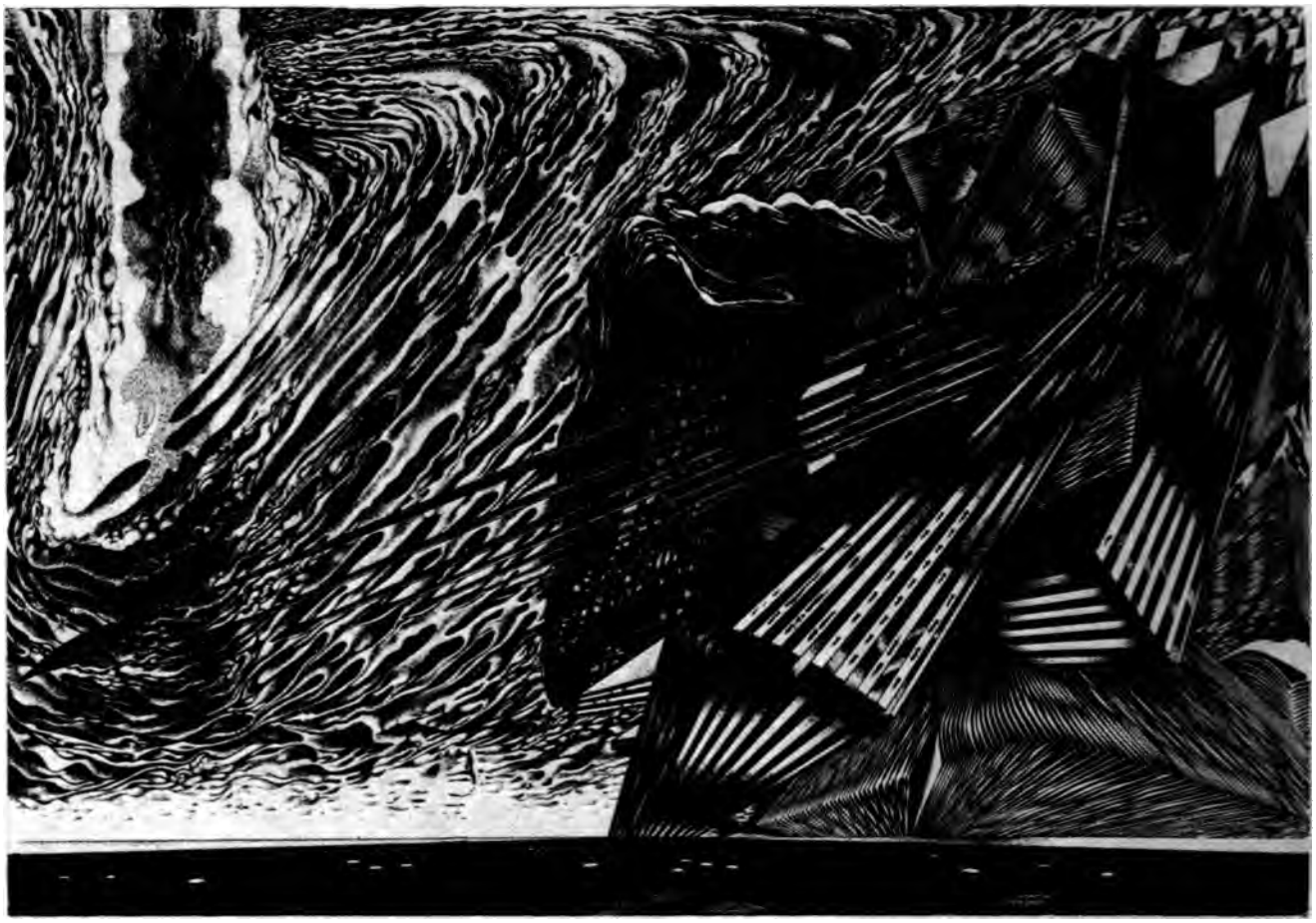
Простейшие преобразования сферы. В метрической геометрии стандартная сфера часто рассматривается с точностью до так называемых ортогональных преобразований, трансляций (сдвигов) и преобразований подобия (измене-



ния масштаба). На рисунке условно показана эволюция сферы при подобных преобразованиях. Видно, что они не меняют существенно геометрических характеристик сферы, в частности, ее «метрика» остается практически неизменной

Гомеоморфизмы сферы. *Гомеоморфизмы сферы, о которых много говорится в статье «О проблеме Пуанкаре», тоже можно рассматривать как преобразования сферы, но в этом случае она сохраняет лишь свои «топологические» свойства (в отличие от метрических). Так, при деформации, показанной на рисунке, существенно меняются взаимные расстояния между точками на сфере (чего не происходит при преобразованиях, показанных на предыдущем рисунке).*

Бесконечный процесс, приводящий в итоге к возникновению «четырехмерной» ручки. «Многомерные» ручки — результат построения некоторого бесконечно ветвящегося «дерева» — играют важную роль при доказательстве гипотезы Пуанкаре для размерности четыре



Диаграммы Хегора (Heegard). Хотя трехмерная проблема Пуанкаре до сих пор не решена, существует достаточно регулярный способ, позволяющий представить себе геометрическую структуру любого трехмерного многообразия (поверхности). Оказывается, любая трехмерная поверхность получается в результате склейки нескольких «элементарных кирпичей», каждый из которых можно представлять себе как заполненную двумерную поверхность. Эти представления трехмерной поверхности называются диаграммами Хегора (по имени норвежского математика)

трехмерные поверхности. Для них гипотезу А. Пуанкаре можно переформулировать так: любая трехмерная связная, односвязная и не имеющая границы (замкнутая) поверхность гомеоморфна обычной трехмерной сфере, т. е. она может быть в итоге задана уравнением

$$x^2_1 + x^2_2 + x^2_3 + x^2_4 = R^2$$

в четырехмерном евклидовом пространстве. Следует заметить, что вопрос Пуанкаре и задача алгоритмического распознавания сферы не тождественны: даже если гипотеза справедлива, то все равно неясно, как узнать (с помощью какого-либо алгоритма), является ли данная трехмерная поверхность односвязной. Тем не менее гипотеза Пуанкаре сама по себе настолько важна, что ее изучению посвящено большое число работ.

Справедливость гипотезы до сих пор не доказана. Интерес к ней постоянно подогревается тем, что многие важные проблемы современной геометрии, алгебры и других областей науки связаны с описанием трехмерных поверхностей и, в частности, с задачей распознавания простейших поверхностей, например трехмерной сферы.

Проблема Пуанкаре имеет многомерные аналоги, т. е. похожую задачу можно сформулировать для размерностей, больших чем три. Правда, при этом нужно усилить требования, накладываемые на поверхность, поскольку, начиная с размерности четыре, существуют поверхности, не гомеоморфные сфере, но тем не менее односвязные.

Многомерный аналог гипотезы Пуанкаре формулируется так. Возьмем поверхность размерности n, нарисуем на ней произвольную сферу размерности k, не превосходящей $n-1$ (конечно, для точной постановки задачи необходимо было бы уточнить понятие «нарисуем сферу», но мы ограничимся интуитивно ясным геометрическим образом, естественно обобщающим нарисованную на двумерной поверхности петлю). Аналог гипотезы Пуанкаре: если каждая такая сфера стягивается по этой поверхности в точку, то данная поверхность гомеоморфна стандартной n-мерной сфере. В 1961 г. С. Смейл (*Smale*) доказал, что эта гипотеза справедлива для размерностей, больших чем четыре. Таким образом, оставался нерешенным вопрос для размерностей три и четыре.

Для размерности три задача до сих пор не решена, а для размерности четыре гипотеза оказалась справедливой — такую теорему доказал американский математик М. Фридман (*Freedman*, публикация 1982 г.). Она гласит: если четырехмерная поверхность не имеет границы, а любая одномерная петля, любая двумерная сфера и любая трехмерная сфера, «нарисованные» на ней, стягиваются в точку, то такая поверхность гомеоморфна четырехмерной сфере, т. е. она может быть в итоге задана уравнением

$$x^2_1 + x^2_2 + x^2_3 + x^2_4 + x^2_5 = R^2$$

ерном евклидовом простран-

ательство Фридмана доста-ложно; оно впитало в себя амых современных математи-дей, развивавшихся на протя-оследних лет специалистами стран, в том числе и совет-атематиками. Довольно не-ным оказалось то, что четы-ые поверхности могут быть на «ручки», каждая из кото-ь результат построения неко-бесконечно ветвящегося «де-то выявило скрытую природу гей, давно известных в четы-ой топологии. Кроме упомя-оказательства для размерно-ре, удалось также дать клас-ию всех односвязных четы-ых поверхностей, являющих-ими везде, за исключением, жет, одной точки — важного са в множестве всех четырех-поверхностей.

образом, одно из «белых в современной геометрии и ми уменьшилось в размере и ет теперь лишь размерность которой и была первона-сформулирована гипотеза Пу-

ические задачи
огии
разведки

странение сейсмических волн ой точностью описывается ди-ими уравнениями теории ги. Расчет интересных с ге-ской точки зрения явлений на их уравнений — сложная за-бующая для своего решения их методов математического , и всего арсенала средств, имеются в распоряжении вы-ьной техники сегодняшнего

ю роль в создании современ-рии сейсмических колебаний исследования распростране-смических волн, начатые еще ом веке английскими физи-к. Стоксом и Дж. Рэлеем и енные в СССР в 30-х годах ками В. И. Смирновым и оболевым. Данная задача оставлена в связи с пробле-млетрясений. Однако замет-икладного значения эти ра-да не имели.

левоенный период они были влены в Ленинграде по ини-академика В. И. Смирнова. ой и молодой во всех отно-коллектив, занимавшийся ескими задачами, возглавил сор Г. И. Петрашень; там, в ги, работали А. С. Алексеев, рчук.

ая с 1950 г. исследования ли явную практическую на-ность, что было связано с ением директора Всесоюзного института разведочной геофизики В. В. Алексеева разработать методы количественного описания волн, с которыми приходится иметь дело в сейсмологии и сейсморазведке. Именно это и положило начало тесному сотрудничеству группы Г. И. Петрашеня со многими ведущими в этой области исследовательскими и производственными организациями. Деловые контакты непрерывно расширялись. Практика ставила все новые проблемы. Получаемые же теоретические результаты проверялись практикой и после опробования внедрялись в сейсморазведку и сейсмологию. Все исследования как в области теории, так и в сфере сейсмического эксперимента проводились при организованных Г. И. Петрашенем в 50-е годы лабораториях динамики упругих сред Ленинградского государственного университета и динамической теории упругости Ленинградского отделения Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР.

Как известно, у земной коры, в том числе ее верхней части, содержащей месторождения полезных ископаемых, в общем, сложное строение. Структуры здесь искажены в результате разного рода геотектонических движений (вулканическая деятельность, процессы сжатия, горообразования и т. п.). С зонами таких нарушений (аномалий) как раз и связаны обычно месторождения полезных ископаемых. Этим и определяется огромное народнохозяйственное значение, которое имеют разработка и совершенствование методов, позволяющих изучать строение поверхностных участков до глубин в несколько километров, выявлять их структуру и зоны тех или иных ее аномалий.

Наиболее эффективными оказываются сейсморазведочные методы, основанные на зондировании сейсмическими волнами. Здесь можно провести аналогию с радиолокацией, которая определяет местоположения объектов в атмосфере или в космическом пространстве с помощью радиоволн. Однако «радиолокационная» среда относительно проста, и теория распространения радиоволн в ней хорошо развита. Поэтому определить положение инородного по отношению к среде тела не так уж и трудно (конечно, если тел не слишком много).

Сейсмические же среды имеют крайне сложное и запутанное строение, к тому же неизвестное заранее. Его приходится выявлять (хотя бы в общих чертах) одновременно с поиском аномалий. Вследствие этого при регистрации сейсмических сигналов, отраженных от каких-то (неизвестных еще) структурных элементов изучаемой среды, сразу же возникает множество вопросов, например таких: Что это за волна? Где она могла возникнуть? Каким структурным элементам она может отвечать? Какова ее природа и какова природа огромного количества других зарегистрированных волн?

На все вопросы такого рода может дать ответ лишь развитая теория распространения сейсмических волн в средах, близких по строению к реальным. Именно на создание такой теории (равно как и на ее практическое применение в сейсмологии и сейсморазведке) направляла и направляет свои усилия теперь уже довольно большая исследовательская группа, выросшая из маленького коллектива учеников Г. И. Петрашеня.

Научная работа велась по нескольким направлениям. Прежде всего важно было исследовать точные решения. Часто путь от вывода формулы, являющейся точным решением какой-либо задачи математической физики, до достаточно полного исследования этой формулы, которое собственно и позволяет получить интересные с физической точки зрения качественные и количественные результаты, весьма тернист и долог. Примером может служить история формулы, которая представляет электромагнитное поле, порождаемое антенной над идеально отражающей поверхностью Земли. Выведенная еще в девятисотые годы формула была позднее представлена английским ученым Дж. Ватсоном в виде контурного интеграла (1918—1919 гг.). Ясную физическую картину распространения электромагнитных волн, основываясь на формулах Ватсона, удалось получить только в 40—50-е годы в результате работ академика В. А. Фока (освещенная область, полутень) и группы исследователей из ФРГ (геометрооптические представления, зона тени).

Исследовать точное решение краевых задач (в них отыскивается решение, удовлетворяющее на границе — краю некоторой области заданным условиям) для динамических уравнений теории упругости так же сложно, как и задач теории электромагнитных колебаний. Здесь большую роль сыграл восходящий к некоторым работам академика В. И. Смирнова и развитый Г. И. Петрашенем метод неполного разделения переменных. Его дальнейшее развитие привело к созданию методов расчета сейсмических волн (А. С. Алексеев, Т. Б. Яновская) и теории распространения волн в слоистых средах (Л. А. Молотков). На изучение волн, распространяющихся в скважинах и околоскважинном пространстве, опирается метод акустического каротажа открытых и обсаженных скважин (П. В. Крауклис)*.

---

* См. ниже: «Геофизические «спутники вниз» в разделе «Науки о Земле». — *Ред.*

Другое важное направление работ — создание так называемых асимптотических методов. Последовательная асимптотическая теория позволяет получить не только фазовые, но и амплитудные характеристики волновых полей. Пионерскими здесь были труды академика В. А. Фока и члена-корреспондента АН СССР С. М. Рытова. Исследование упругих колебаний в коротковолновом диапазоне связано с геометрической оптикой. Был развит так называемый лучевой метод расчета упругих колебаний в изотропных и анизотропных средах, а также волн Рэлея (В. М. Бабич). Он дал возможность освободиться от неправильных представлений о роли головных волн в сейсмических процессах, указать на существенную роль некоторых отраженных и рефрагированных волн в формировании волнового поля при глубинных сейсмических зондированиях земной коры (А. С. Алексеев). С помощью асимптотической теории и связанной с ней техники параболического уравнения удалось «на кончике пера» открыть новый вид поверхностных колебаний («волны, удерживаемые поверхностью»), исследовать сложные волновые процессы (работы И. А. Молоткова и В. С. Булдырева о волнах соскальзывания, шепчущей галлереи, поверхностных волнах различных типов и т. д.). Опираясь на все эти и многие другие результаты, во многих случаях можно успешно прогнозировать сейсмические волновые поля и эффективно использовать для этого ЭВМ.

В 1982 г. за разработку асимптотических методов теории распространения сейсмических волн и применение этих методов к расчету динамических полей в геофизике члену-корреспонденту АН СССР А. С. Алексееву, докторам физико-математических наук В. И. Бабичу, В. С. Булдыреву, П. В. Крауклису, И. А. Молоткову, Л. А. Молоткову, Г. И. Петрашеню, Т. Б. Яновской присуждена Государственная премия СССР.

Мини-ЭВМ серии «Электроника-100»

В последние 10—15 лет вычислительные и логические возможности ЭВМ позволяют все больше использовать их не только для научных и инженерных расчетов, но и для эффективного управления современными сложными процессами, в информационно-измерительных системах, в автоматизированных системах машинного проектирования. Растет популярность мини- и микро-ЭВМ, являющихся, в частности, основой вычислительных или автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Мини- и микро-ЭВМ отличаются от больших вычислительных машин меньшими размерами и стоимостью. Они наилучшим образом удовлетворяют требованиям, выдвигаемым при решении задач управления.

Информационный комплекс на базе мини-ЭВМ «Электроника-100-25»

Автоматизированная система машинного проектирования на базе мини-ЭВМ «Электроника-100-25»

Чем же объяснить столь пристальное внимание, уделяемое данному классу вычислительной техники? Во-первых, экономичностью: будучи сравнительно дешевой, автоматизированная система управления технологическими процессами повышает производительность труда, уменьшает затраты на сырье и топливо, что достигается выбором оптимальных режимов процесса (эксперимента). Во-вторых, адаптивностью: программы, заложенные в ЭВМ, можно легко заменить или скорректировать, что позволяет совершенствовать стратегию управления. В-третьих, высокими техническими возможностями огромные скорости выполнения вычислительных и логических операций позволяют решать задачи гораздо быстрее, чем этого требует «быстродействие» большинства процессов управления, а свободное машинное время использовать для других задач.

Перед учеными и инженерами была поставлена трудная задача разработать и организовать серийное производство компактных и надежных мини- и микро-ЭВМ невысокой стоимости с достаточным набором периферийных устройств.

На основе последних достижений микроэлектроники специалистами было создано постоянно совершенствующееся семейство ЭВМ «Электроника-100». Благодаря применению микросхем с высокой степенью интеграции, многослойных плат и новой технологии изготовления отношение стоимость — производительность в последних моделях мини-ЭВМ уменьшилось более чем в пять раз, уровень миниатюризации электронных схем повысился вчетверо, надежность работы машин возросла в пять раз.

Улучшение технических и потребительских характеристик достигнуто на основе новых архитектурных решений, таких, как совмещение циклов работы памяти и процессора, микропрограммное управление, аппаратная реализация сложных процедур.

Эффективные системы ввода-вывода информации делают семейство удобным для управления в реальном масштабе времени. Эти машины могут выполнять функции сателлитных вычислительных систем при больших ЭВМ, включаться в состав сетей ЭВМ.

Хорошо зарекомендовали себя во многих отраслях народного хозяйства мини-ЭВМ «Электроника-100/И», «Электроника-100-25» и микро-ЭВМ «Электроника-60».

«Электроника-100-25» с успехом работает в автоматизированных системах машинного проектирования. Широко известна в промышленности созданная на ее базе система, предназначенная для решения наиболее трудоемких задач схемотопологического проектирования больших интегральных схем, где она дает 5—10-кратный выигрыш во времени. Она может использоваться и автономно, и как подсистема в составе автоматизированной системы проектирования на основе ЭВМ БЭСМ-6 или ЕС ЭВМ. С ее помощью подготавливается техническая и технологическая документация.

Одно из первых внедрений систем управления и сбора данных с помощью мини-ЭВМ — проведение исследований по физике частиц различных энергий. Уже много лет серийные мини-ЭВМ используются для сбора данных на выходе ускорителей в физических экспериментах с пучками заряженных частиц, в специальной измерительной аппаратуре, для управления режимом работ в установках. Накопленный опыт применения ЭВМ «Электроника-100-25» и «Электроника-60» внедряется в других областях науки и техники, в различных отраслях народного хозяйства.

Анализируя итоги многолетней работы разработчиков и изготовителей ЭВМ семейства «Электроника-100», необходимо отметить их стремление непрерывно совершенствовать выпускаемые машины. Важная черта семейства — преемственность периферийных устройств и программного обеспечения. Придерживаясь этого принципа, удается сократить сроки разработки и освоения каждой новой модели, уменьшить ее стоимость.

Вычислительные комплексы, созданные на базе ЭВМ «Электроника-100-25» и «Электроника-60», по техническому уровню находятся на уровне зарубежных образцов подобной техники.

В 1982 г. группе специалистов за разработку и внедрение в производство мини-ЭВМ серии «Электроника-100» с сервисным комплектом периферийных устройств присуждена Государственная премия СССР.

Физика

Фундаментальный вклад в изучение космических лучей

Ленинская премия 1982 г. присуждена академикам Д. В. Скобельцыну и Г. Т. Зацепину, докторам физико-математических наук С. И. Никольскому и Г. Б. Христиансену, кандидатам физико-математических наук Н. Н. Ефимову и Д. Д. Красильникову за цикл работ «Исследования первичного космического излучения сверхвысокой энергии».

Эти исследования, проводившиеся более трех десятилетий в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР, Московском университете им. М. В. Ломоносова и Институте космофизических исследований и аэрономии Якутского филиала СО АН СССР, были начаты и долгое время велись под руководством академика Д. В. Скобельцына. Как известно, Д. В. Скобельцын еще в 20-х гг. выполнил пионерские исследования космического излучения. С помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитное поле, им были установлены два фундаментальных факта. Было показано, что частицы космического излучения, как правило, обладают высокой энергией и что следы таких частиц сравнительно часто появляются группами; тем самым были открыты ливни частиц космического излучения. Эти и последующие его работы оказали большое влияние на развитие физики космических лучей.

Космические лучи сверхвысоких энергий, приходящие к нам из глубин Вселенной, представляют первостепенный научный интерес по двум причинам. Во-первых, частицы сверхвысоких энергий несут информацию об астрофизических объектах и процессах, в которых они возникают и ускоряются, о процессах распространения их в межзвездной и межпланетной среде, в магнитосфере Земли. Во-вторых, космические лучи высоких и сверхвысоких энергий (до 10^{18} эВ и более) дают возможность экспериментально изучать принципиальные вопросы взаимодействия элементарных частиц при подобных энергиях. В 30—40-х гг. именно в космических лучах были открыты почти все новые элементарные частицы — позитрон, мюоны, заряженные пионы, К-мезоны, лямбда-гиперон. В наше время космические лучи остаются единственным средством изучения взаимодействия элементарных частиц при энергиях, недоступных современным ускорителям; это своего рода разведка в неизведанных областях физики элементарных частиц и астрофизики.

К началу 50-х гг. Д. В. Скобельцыным и его учениками были развиты представления о процессах, происходящих при прохождении первичной космической частицы высокой энергии в атмосфере Земли. Если, скажем, протон, обладающий высокой энергией, сталкивается с другим протоном или ядром атома из атмосферы, то в таком столкновении рождаются в основном пионы, которым передается примерно половина энергии первичного протона. Нейтральные пионы быстро распадаются на два фотона высокой энергии, которые создают электронно-фотонные ливни. Первичный протон с половинной энергией, а также вторичные частицы при столкновении могут образовывать новые ливни из пионов, электронов, фотонов (электронно-ядерные ливни). При очень высокой энергии первичной частицы в атмосфере возникает огромная лавина частиц, состоящая в основном из электронов, позитронов и фотонов, а также из некоторого числа мезонов и нуклонов; при этом общее число вторичных частиц может достигать многих миллионов. Если развитие такого ливня начинается в атмосфере на высотах 20—25 км над уровнем наблюдателя, то частицы успевают разойтись на расстояния до нескольких километров. Такие ливни принято называть широкими атмосферными ливнями (ШАЛ) космических лучей.

Для выяснения природы космического излучения сверхвысокой энергии — от 10^{14} до 10^{20} эВ — и изучения его взаимодействия с веществом необходимо было получить информацию о составе и энергетическом спектре первичного излучения, о направлении, откуда оно приходит, о развитии ливня частиц. Но поскольку космические частицы сверхвысоких энергий падают на Землю в ничтожно малом количестве, получить такую информацию чрезвычайно трудно. Решить эту сложную задачу удалось путем наблюдения ШАЛ с помощью установок, покрывающих большие площади. Следует отметить, что изучение ШАЛ — по существу единственный путь исследования взаимодействия частиц экстремальных энергий. Определяющий вклад в решение этой задачи внесли авторы удостоенного Ленинской премии цикла исследований.

Ученые разработали принципиально новые методы, такие, как метод коррелированных детекторов плотности потоков ливневых частиц и метод формы импульса излучения Вавилова — Черенкова, которые дают картину поперечного и продольного развития ШАЛ, позволяют надежно определять энергию первичной частицы. Новые методы, резко повысившие точность определения характеристик ливня, явились основой создания под руководством авторов крупных исследовательских установок различного

масштаба в Москве и Якутске, на Памире и Тянь-Шане; используются они и при создании аналогичных установок за рубежом.

Предложенные авторами цикла методы регистрации и анализа данных, созданные ими установки позволили проводить исследования различных характеристик и компонентов ШАЛ на высотах гор, на уровне моря, под землей, обеспечили крупные успехи в изучении первичного космического излучения сверхвысокой энергии.

Установлен состав первичного космического излучения с энергией 10^{15}—10^{16} эВ. Основную часть первичных частиц составляют протоны; присутствуют также ядра атомов гелия, в значительно меньшем количестве — ядра углерода, азота и кислорода и совсем немного ядер более тяжелых элементов.

В этом цикле работ был определен энергетический спектр первичных частиц с энергией в интервале от 10^{14} до 10^{20} эВ. Как и следовало ожидать, количество таких частиц быстро убывает с ростом энергии. Но при энергии $3 \cdot 10^{15}$ эВ был обнаружен «излом» в спектре: убывание числа чистиц с более высокой энергией становится еще более быстрым. Этот фундаментальный факт был впоследствии подтвержден в других лабораториях.

Авторы впервые получили и абсолютные значения интенсивности первичных частиц в том же интервале энергий. Эту задачу, о сложности которой свидетельствует тот факт, что интенсивность потока первичных частиц в интервале энергий от 10^{14} до 10^{20} эВ уменьшается в 10^{12} раз (!), удалось решить путем комплексного использования установок различного масштаба. Оказалось, что в первичном излучении присутствуют частицы и с энергией 10^{19}—10^{20} эВ. Данные об абсолютном потоке первичного космического излучения с энергией 10^{17}—10^{19} эВ используются во всем мире для калибровки экспериментальных установок.

В результате многолетних исследований авторам удалось получить ответ на вопрос, из каких областей космического пространства приходят к нам частицы сверхвысоких энергий. Показано, что частицы с энергией 10^{14}—10^{15} эВ падают на Землю практически изотропно, со всех направлений. С помощью установки площадью 20 км^2, расположенной около Якутска, было обнаружено, что частицы с энергией выше 10^{19} эВ приходят преимущественно со стороны, противоположной центру Галактики, с направления на Местную систему галактик — группу, к которой принадлежит и наша Галактика. Этот факт свидетельствует о внегалактическом происхождении частиц экстремальных энергий. Полученные данные открывают новые возможности в разработке проблемы происхождения космических лучей сверхвысоких энергий, ставят вопрос о поиске механизма ускорения частиц до сверхвысоких энергий, представляют большой интерес для разработки проблем астрофизики.

Исследования частиц сверхвысоких энергий в космических лучах весьма важны и для физики элементарных частиц, для которой в связи с проникновением в кварковую структуру нуклонов и мезонов весьма актуальным стало изучение взаимодействия этих частиц при все более высоких энергиях. Поскольку методы этих исследований позволяют определить природу первичной частицы и ее энергию, становится возможным анализировать взаимодействие такой частицы с нуклонами и атомными ядрами. Исследования авторов цикла привели к установлению новой закономерности адронных взаимодействий при энергии порядка 10^{15} эВ и более — к резкому нарушению так называемой масштабной инвариантности, это проявляется в том, что взаимодействующие при подобных энергиях частицы интенсивнее генерируют новые частицы, быстрее «размениваются» свою энергию, чем при меньших энергиях. Полученные результаты представляют первостепенный интерес как для теории элементарных частиц, так и для планирования экспериментов на строящихся ускорителях, а также на более совершенных установках по изучению космических частиц с энергией более 10^{20} эВ.

Нобелевская премия по физике

Нобелевской премии по физике в 1982 г. удостоен американский ученый, профессор Корнельского университета Кеннет Вильсон (Wilson) за фундаментальный вклад в изучение критических явлений.

Критические явления возникают в самых различных статистических и квантовомеханических системах и состоят в аномальном росте флуктуаций в системе при определенных значениях ее параметров (температуры, давления и т. п.). К критическим явлениям относятся фазовые переходы 2-го рода (т. е. происходящие без поглощения или выделения тепла) в конденсированных средах, например переход гелия в сверхтекучее состояние или железа из ферромагнетика в парамагнетик. Критические явления возникают также в ядерной материи, в процессах рассеяния частиц при высоких энергиях. В случае фазовых переходов теория критических явлений разработана лучше всего. Поэтому в дальнейших рассуждениях будем иметь в виду именно фазовые переходы.

Известно, что в классической жидкости при обычных условиях на движение одной данной молекулы оказывает влияние лишь небольшое число соседних молекул. Линейные размеры области, где такое влияние существенно, называют корреляционным радиусом. В обычных условиях этот радиус равен нескольким межмолекулярным расстояниям. В этом случае свойства макроскопической системы можно предсказать на основе исследования системы из небольшого числа молекул. В критических же состояниях (критические точки), возникающих при определенных значениях плотности и температуры, корреляционный радиус резко возрастает. Иначе говоря, в критической точке движение данной молекулы определяется состоянием очень большого числа молекул, и система характеризуется скачкообразным изменением теплоемкости, сжимаемости и других свойств.

Основы общей теории фазовых переходов 2-го рода были заложены Л. Д. Ландау. Он ввел представление о таких фазовых переходах, как спонтанном нарушении симметрии системы, а в качестве количественной характеристики нарушения симметрии — параметр порядка. Вблизи критической точки этот параметр испытывает наиболее сильные флуктуации. В случае фазового перехода жидкости в пар, вблизи критической точки параметром порядка является разность между плотностями жидкости и пара; в критической точке этот параметр обращается в нуль, различие между жидкой и газообразной фазами исчезает. Теория Ландау, в которой флуктуации считались пренебрежимо малыми, позволила описать в хорошем согласии с экспериментом явления в сверхпроводниках и сегнетоэлектриках. В то же время некоторые факты не укладывались в теорию Ландау. Расхождения с этой теорией, по-видимому, следует приписать сильным флуктуациям параметра порядка.

В конце 50-х — начале 60-х гг. возникла и получила развитие феноменологическая теория критических явлений. Американский физик М. Фишер (Fisher) предложил описывать зависимость термодинамических величин от температуры степенными функциями; он нашел основные соотношения для показателей в этих функциях (критических индексов). В дальнейших работах Фишера, другого американского физика Л. Каданова (Kadanov), советских физиков А. З. Паташинского и В. Л. Покровского в 1965 г. была сформулирована гипотеза подобия, которая устанавливала соотношения между индексами и тем самым позволила выразить большое число критических индексов через какие-либо два. Оставшиеся два критических индекса не определялись теорией.

Завершающий шаг в создании феноменологической теории фазовых переходов 2-го рода сделал К. Вильсон. В его работах начиная с 1972 г. были предложены эффективные схемы вычисления критических индексов. Вильсон предложил метод вычи-

сления статистической суммы, который сводится к многократному применению одной и той же операции (метод рекурсии). При каждой такой операции учитывается только часть степеней свободы системы (координат, спинов и др.). Интегрируя и суммируя по ним, можно найти эффективную энергию и температуру для оставшихся степеней свободы. Этот метод дает простую качественную картину критических явлений. Для различных систем вблизи критической точки он приводит в согласии с экспериментом к законам подобия и к выводу об универсальности критических индексов (независимости их от деталей системы).

Для количественного же описания критических явлений необходимо учитывать конкретную форму зависимости эффективной энергии от числа частиц. И для этой сложной проблемы К. Вильсон и М. Фишер нашли эффективное решение. В 1972 г. они построили количественную теорию: предложенный ими метод (так называемый метод эпсилон-разложения) позволил вычислить критические индексы, которые с точностью порядка одного процента совпадали с экспериментальными значениями. В настоящее время метод расчета этих индексов усовершенствован. На основе методов, разработанных советским физиком Л. Н. Липатовым, удается добиться еще более высокой точности.

Следует отметить, что подобные формальные методы, предложенные Вильсоном, не могут учесть все специфические особенности конкретной системы, не могут полностью заменить точную, последовательную теорию критических явлений. Тем не менее подход Вильсона благодаря ясности описания и точности количественных расчетов оказался плодотворным, внес большой вклад в развитие теории критических явлений.

Идеи, выдвинутые Вильсоном, оказались полезными во многих областях, где возникают критические явления. Предложенные им методы нашли применение для решения многих других нелинейных задач, вошли в арсенал современной теоретической физики.

Помимо работ по теории критических явлений К. Вильсону принадлежат интересные работы по теории элементарных частиц. Он предложил новую трактовку удержания кварков в адронах, объясняющую «невылетание» кварков.

Золотая медаль имени М. В. Ломоносова

Высшей награды Академии наук СССР — Золотой медали имени М. В. Ломоносова 1982 г. удостоен академик Ю. Б. Харитон за выдающиеся достижения в области физики.

Ю. Б. Харитон известен своими работами в ряде областей современной физики, химической физики и техники. Выполненные им и под его руководством фундаментальные исследования обеспечили советской науке ведущие позиции в некоторых областях физики и техники.

В ранних работах Ю. Б. Харитона, посвященных молекулярной физике и химической кинетике, был получен ряд крупных результатов. Так, была установлена критическая температура конденсации, что имело не только научное, но и важное практическое значение, в особенности в технологии полупроводников. Им было доказано существование критических условий окисления фосфора; это открытие явилось отправной точкой развития школой академика Н. Н. Семенова теории разветвленных цепных реакций.

В экспериментальных исследованиях, выполненных Ю. Б. Харитоном в лаборатории Э. Резерфорда во время научной командировки в Кембридж (Англия), были получены важные выводы о механизме свечения. Исследуя сцинтилляцию радиоактивных излучений, он впервые определил абсолютную чувствительность глаза к световым вспышкам.

Ю. Б. Харитону принадлежат основополагающие результаты в изучении процессов взрыва. В его работах по взрывчатым веществам и кинетике взрыва дан глубокий анализ механизма сложнейших процессов взрыва, сформулирован важнейший принцип, определяющий возможность детонации, построена теория детонационной способности взрывчатых веществ.

Особо важное государственное и научное значение имеют работы Ю. Б. Харитона в области атомной энергии и ядерной техники, проложившие новые пути экспериментальных и теоретических исследований в этой важной области науки и техники. Выполненные еще в 1940 г. Ю. Б. Харитоном совместно с Я. Б. Зельдовичем теоретические исследования возможности осуществления цепной реакции деления в природном уране заложили основы первого этапа работ по овладению энергией атомного ядра.

Для научной деятельности Ю. Б. Харитона, разностороннего ученого с большой эрудицией, характерны целеустремленность и сочетание теоретических исследований с решением важнейших практических задач. Эти качества, а также организаторский талант позволили ему успешно решать сложные научно-технические проблемы.

Плодотворная научная деятельность академика Ю. Б. Харитона получила высокую оценку: он трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР.

Труды по физике твердого тела

Президиум Академии наук СССР присудил Золотую медаль имени С. И. Вавилова 1982 г. академику С. В. Вонсовскому за работы по физике твердого тела.

Научные интересы С. В. Вонсовского весьма широки. Наибольшую известность получили его работы по теории твердого тела и магнитных явлений, в том числе теории ферро- и антиферромагнетизма, ферромагнитного резонанса, магнитной анизотропии и магнитострикции.* Ему принадлежат фундаментальные труды по теоретическим моделям твердого тела, в которых были заложены основы ряда направлений в этой области.

Важную роль в развитии квантовой теории твердого тела сыграли работы С. В. Вонсовского по многоэлектронной теории металлов и полупроводников. Еще в 1935 г. в совместных исследованиях с известным советским физиком-теоретиком С. П. Шубиным, посвященных многоэлектронной теории твердого тела, были предложены полярная и полярно-экситонная модели кристаллов. Предложенные модели дали общее понимание широкого класса явлений в твердых телах, и прежде всего многоэлектронное обоснование одноэлектронной зонной теории твердого тела.

В последующих работах С. В. Вонсовского эти модели получили существенное развитие. Была детально исследована полярная модель Шубина — Вонсовского — простейшая модель зарядовоупорядоченного состояния; был развит ее аппарат. Полярная модель применена им к исследованию электронных фазовых переходов зарядового упорядочения, в частности перехода в состояние максимальной полярности, а также к исследованию фазового перехода металл — диэлектрик.

В серии работ С. В. Вонсовского, начатой в предвоенные годы и законченной во второй половине 40-х годов, исследованы элементарные возбуждения (экситоны) в многоэлектронных системах. В этих работах получил развитие метод элементарных возбуждений (метод квазичастиц), ставший теперь одним из основных в теории твердого тела. Был изучен энергетический спектр твердых тел в рамках полярной и полярно-экситонной моделей. В работах С. В. Вонсовского был предсказан новый тип экситонных состояний в твердых телах, возникающих в результате специ-

* Работы С. В. Вонсовского по физике магнитных явлений, обобщенные в монографиях «Магнетизм» и «Магнетизм микрочастиц», были удостоены Государственной премии СССР за 1975 год. Статью *С. В. Вонсовского* «Магнетизм и магнитные материалы» см. в ежегоднике «Наука и человечество. 1967». — *Ред.*

фически квантового притяжения носителей тока разного знака за счет процессов флуктуации полярности. На основе многоэлектронной полярной модели кристалла им сформулирован новый подход к проблеме перехода металл — диэлектрик, основанный на исследовании свойств экситонов нового типа. В отличие от ранее известных этот подход согласуется с рядом точных результатов и приводит к новым выводам.

Большую известность приобрели работы С. В. Вонсовского по развитию предложенной им теории переходных металлов,* учитывающей взаимосвязь магнитных, электрических и других свойств таких веществ — так называемая *s—d* -обменная модель переходных металлов. В основе этой модели лежит предположение о том, что главную роль в процессах переноса электрического заряда играют внешние *s*-электроны, а в магнитных свойствах — внутренние *d*- или *f*-электроны. В работах С. В. Вонсовского и его учеников эта модель применена для изучения магнитных и электрических свойств переходных металлов и сплавов. На основе обобщенной модели, с учетом возбуждений, меняющих мультиплетность магнитных ионов, рассмотрены вклады соответствующих процессов в электрическое сопротивление металлов, магнитные свойства, а также их влияние на температуру сверхпроводящего перехода. Основные идеи и методы этой модели были затем успешно применены для исследования свойств редкоземельных металлов и их сплавов (*s—f*-обменная модель); эти материалы открывают новые возможности для технических приложений. В последние годы модель нашла применение при изучении магнитных полупроводников.

С. В. Вонсовский осуществил ряд исследований по теории сверхпроводимости переходных металлов и их сплавов. В работах, выполненных под его руководством, впервые выявлено разрушающее действие обменного подмагничивания электронов на сверхпроводимость. Исследованы свойства сверхпроводников — переходных металлов, их сплавов и соединений; рассмотрена проблема сосуществования сверхпроводимости и ферромагнетизма (или парамагнетизма) в таких веществах.

* Переходные металлы — это вещества, атомы которых в изолированном состоянии имеют незаполненные *d*-или *f*-электронные оболочки. — *Ред.*

Астрономия

Динамика токовых слоев и солнечная активность

Многообразны формы солнечной активности. Активные области Солнца характеризуются в первую очередь пятнообразованием. Непосредственно над пятнами в короне и хромосфере возникают мощные магнитные поля напряженностью до 10^3 Гс (при средней величине около 1 Гс). Пятна, расположенные в фотосфере, — это, по сути дела, полюсы грандиозных «магнитов», всплывающие из глубин подповерхностной конвективной зоны.

В таких областях иногда происходят солнечные вспышки — самое бурное проявление активности. За несколько минут в области с характерным размером 10^{10} см, расположенной где-то у границы хромосферы и короны или в самой короне, выделяется огромная энергия, которая для самых мощных вспышек составляет 10^{32} эрг. Похожие вспышечные явления свойственны магнитосферам Земли и планет, атмосферам звезд, в частности, возможно, и нейтронных.

По современным представлениям, в плазме с сильным неоднородным магнитным полем должен при некоторых весьма общих условиях происходить бурный нестационарный процесс диссипации энергии магнитного поля, при котором эта энергия превращается в тепловую и кинетическую энергию плазмы и энергию неравновесного электромагнитного излучения. Этот процесс можно назвать вспышечным явлением в плазме. Быстрая диссипация магнитного поля сопровождается изменением его структуры и, более того, его топологии, названным еще в 50—60-х годах перезамыканием силовых линий поля.

Основное начальное условие для вспышечных явлений в плазме выглядит так: высокая электропроводность и неоднородность движения плазмы, или, говоря более строго, в исходной плазме должны присутствовать сингулярные силовые линии магнитного поля, вдоль которых в системе координат движущейся плазмы не равно нулю электрическое поле, несмотря на высокую величину электропроводности (оказывается, что все замкнутые линии поля в этом смысле сингулярны). Одновременно во всем окружающем пространстве (вне близких окрестностей этих сингулярных линий) прекрасно выполняется известное условие вмороженности силовых линий, которое как раз и означает равенство нулю напряженности электрического поля «в движущейся частице плазмы» (ее собственного поля). Таким образом, можно сказать, что вспышечное явление в плазме связано с нарушением условия вмороженности на сингулярных силовых линиях. Это означает, что на них при электропроводности, стремящейся к бесконечности, плотность тока также стремится к бесконечности, а собственное электрическое поле вдоль линий остается конечной величиной.

Значение сингулярных магнитных силовых линий во вспышечных явлениях, в частности на Солнце, было глубоко физически раскрыто в работах конца 60-х годов известного советского физика и астрофизика С. И. Сыроватского, который впоследствии вместе со своими учениками и соратниками развил последовательную теорию универсальных вспышечных явлений в неоднородной высокопроводящей плазме с сильным магнитным полем.

Простейший пример сингулярной линии магнитного поля — нулевая (нейтральная) линия *X*-типа (существуют также сингулярные линии *O*-типа, соответствующие эллиптическому типу магнитного поля). В двумерной плоской проекции магнитного поля гиперболического типа мы видим ее след на плоскости в нулевой (нейтральной) точке (точка *O* на рис. 1). Такая нулевая линия, очевидно, есть пересечение двух плоскостей, разделяющих ее окрестности на четыре топологически различные («независимые») области магнитного поля. Отсюда ясен топологический смысл сингулярной линии в структуре неоднородного магнитного поля.

В окрестностях сингулярной линии неизбежно (при сколь угодно малых возмущениях на ее периферии) возникает кумулятивное магнитогидродинамическое движение плазмы, в результате которого там образуется токовый слой* (рис. 2). Чем выше электропроводность плазмы, тем меньше толщина токового слоя d. Он разделяет области противоположного магнитного поля вдоль всей своей длины l. Его ширина b определяется внешними граничными условиями и, во-

* Кумулятивное движение плазмы к сингулярной силовой линии, при котором плазма как бы сгребается вместе с вмороженным в нее магнитным полем, иногда образно называют магнитным коллапсом. Заметим, что при магнитном коллапсе полная энергия плазмы и магнитного поля в любом заданном объеме, включающем токовый слой, существенно возрастает.

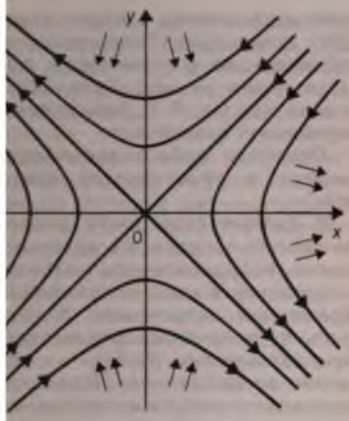
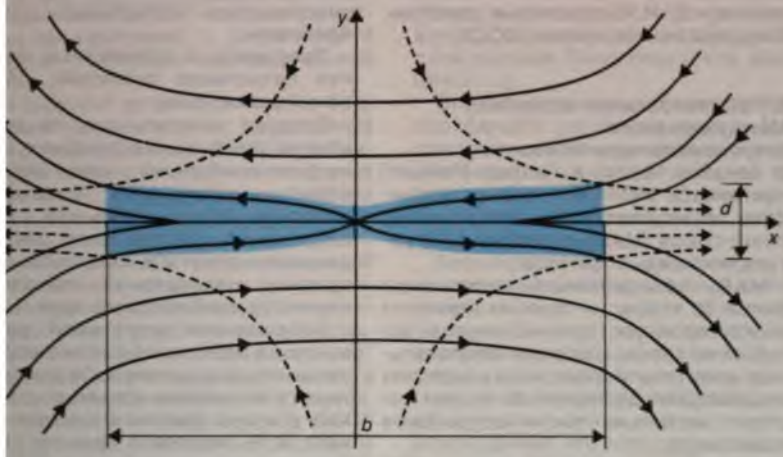
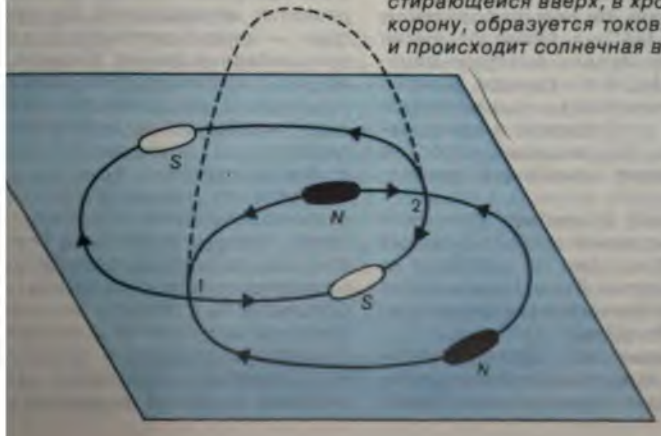


Рис. 1. Магнитное поле в окрестности нулевой линии X-типа (в плоской двумерной проекции), проходящей вдоль оси z через нулевую точку O в плоскости xy. Силовые линии магнитного поля представляют собой гиперболы, стремящиеся к биссектрисам квадрантов плоскости xy. Двойные стрелки — движение плазмы, вызванное «включением» на внешней границе области («по краям рисунка») положительного электрического поля, которое направлено к нам вдоль нулевой линии (оси z). Это движение — начальная стадия процесса магнитного коллапса



. Структура течения плазмы
ковые линии) и магнито-
я (сплошные линии) в окрест-
квазистационарного токового
плоская проекция). Он пока-
лубым цветом: d — его тол-
b — его ширина; токовый
ытянут вдоль оси z, и
нее определяется его длина
зма втекает в слой по
ироким сторонам» и вы-
т из «узких»

Рис. 3. Структура магнитного поля четырех солнечных пятен чередующейся полярности, расположенных в плоскости фотосферы. Их цепочка вытянута примерно в широтном направлении. Сплошные линии — силовые линии поля, лежащие в этой плоскости. Точки 1 и 2 — нулевые точки X-типа магнитного поля. Они соединяются не лежащей в плоскости сингулярной силовой линией (штриховая линия), общей для четырех независимых магнитных потоков. Именно вдоль этой линии, простирающейся вверх, в хромосферу и корону, образуется токовый слой, где и происходит солнечная вспышка



обще говоря, увеличивается со временем. Соответственно возрастает полный электрический ток через слой, направленный вдоль его длины *l*. Токовый слой с течением времени приобретает квазистационарные свойства, т. е. становится стабильным и существует сколь угодно долго, испытывая медленные изменения, пока какие-либо неустойчивости не приведут к его разрушению. То, что квазистационарный токовый слой, имеющий подобные свойства, существует, а течение плазмы в его окрестностях обладает определенной структурой, удалось выяснить и подтвердить аналитически (автомодельные и приближенные решения), численно (магнитогидродинамическая двумерная задача) и, наконец, экспериментально. На установке «Токовый слой» в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР группой кандидата физико-математических наук А. Г. Франк были выяснены условия, при которых образуется токовый слой, и была продемонстрирована его квазистационарность. Методы киноголографии позволили «визуализировать» плазму токового слоя и в конце концов зарегистрировать его разрушение — лабораторную «солнечную» вспышку. Токовый слой и его динамические изменения играют главную роль во вспышечных явлениях плазмы.

Внутренняя структура токового слоя в основном изучалась методами численного моделирования и лабораторного эксперимента. При конечной электропроводности силовые линии магнитного поля оказываются непараллельными токовому слою, через него протекает плазма, и внутри него происходит квазистационарный процесс перезамыкания силовых линий. К разрушению токового слоя, как показывает теоретический анализ, могут привести или тепловая, или токовая, или разрывная неустойчивость. До определенного момента времени стабильность поддерживается, во-первых, течением плазмы через слой, во-вторых, заполнением разрывов в слое окружающей его разреженной плазмой. Эти факторы, оказывается, имеют пороговый характер. Именно тогда, когда порог перейден, наступает разрушение токового слоя, имеющее взрывной характер.

Сингулярная линия, вдоль которой образуется токовый слой в солнечной атмосфере, схематически показана на рис. 3. Магнитное поле четырех солнечных пятен чередующейся полярности — простейший, но достаточно типичный случай (заметим, что крайне интересен вопрос о генерации исходного магнитного поля, которая, возможно, связана с процессами в конвективной зоне Солнца).

Исходя из развитой теории токового слоя, можно показать, что при энергии вспышки 10^{32} эрг его ширина будет порядка 10^9 см, длина — 10^{10}

см (таков же характерный размер активной области), а полный ток в нем — 10^{12} А. Непосредственные измерения солнечного магнитного поля, проведенные академиком А. Б. Северным с сотрудниками, показали, что ток не превосходит $2 \cdot 10^{12}$ А (для активной области, связанной с мощной вспышкой).

Теория токового слоя дает ответ на вопрос об источнике энергии солнечных вспышек. Нетрудно понять, что в квазистационарной стадии своего существования токовый слой, образовавшийся вначале в результате сколь угодно малых возмущений конфигурации магнитного поля, накапливает значительную энергию. Иначе говоря, такому накоплению благоприятствует достаточно большая продолжительность этой стадии. Избыточная энергия накапливается в основном в виде магнитной энергии протекающего в слое электрического тока.

По всей вероятности, известные различные — «тепловая» и «взрывная» фазы солнечной вспышки соответствуют разным типам неустойчивости токового слоя — тепловой и токовой, причем развитие токовой неустойчивости приводит к аномальному сопротивлению плазмы и уже вследствие этого — к разрыву слоя. Во взрывной фазе идут и другие процессы (негидродинамические, или кинетические), среди которых наиболее важный — ускорение заряженных частиц (ионов и электронов) до высоких энергий космических лучей. Ожидаемый спектр таких частиц вполне соответствует, например, спектру солнечных быстрых протонов, измеренному при солнечных вспышках. Следующая («горячая») фаза солнечной вспышки, по-видимому, соответствует остыванию горячей плазмы разорванного токового слоя.

Вся цепь событий — образование токового слоя, квазистационарная стадия его существования и его взрывное разрушение — должна сопровождаться огромным комплексом вторичных явлений в солнечной атмосфере. Не касаясь этих детально исследовавшихся явлений, отметим лишь принципиальную возможность прогнозировать солнечные вспышки. Подобное физическое, а не синоптическое прогнозирование основано на том, что токовый слой в течение нескольких часов (таково время его эволюции в квазистационарном состоянии) перед сильной вспышкой должен быть мощным источником ультрафиолетового излучения. По оценкам, в отдельных спектральных линиях оно может быть сравнимым по интенсивности (или даже превысить его) с излучением от всего солнечного диска. Прогнозирование вспышек — лишь одно, хотя, возможно, и важнейшее по значению практическое применение теории токовых слоев в плазме.

Тем, кто изучает «лабораторную» плазму, хорошо известно замечательное явление, называемое «плазменный фокус». Оно также связано с кумулятивным движением плазмы в окрестностях сигнулярной линии магнитного поля, правда, не *X*-типа, а другого — *O*-типа, и спонтанным образованием токовых слоев. Аналогичные процессы, по-видимому, идут и в «лабораторной» плазме токамаков. Таким образом, можно говорить вслед за С. И. Сыроватским об универсальном характере вспышечных явлений в плазме, несмотря на разнообразие начальных и граничных условий.

В 1982 г. за цикл работ «Динамика токовых слоев и солнечная активность», опубликованных в 1966—1980 гг., коллектив ученых во главе с доктором физико-математических наук С. И. Сыроватским удостоен Государственной премии СССР.

XVIII генеральная ассамблея Международного астрономического союза

В августе 1982 г. в Патрах (Греция) состоялась XVIII генеральная ассамблея Международного астрономического союза (МАС), проводящаяся регулярно каждые три года.

МАС, объединяющий астрономов более 50 стран, — один из немногих международных научных союзов, который не только включает национальные комитеты ученых, но и сохраняет индивидуальное членство: в нем состоят несколько тысяч астрономов всего мира.

Ассамблея собрала около 1500 участников. В советскую делегацию входили, в частности, академики В. А. Амбарцумян (глава делегации), Я. Б. Зельдович, члены-корреспонденты АН СССР А. А. Боярчук, Н. С. Кардашев, Э. Р. Мустель, Е. К. Харадзе, И. С. Шкловский, академик АН ТаджССР П. Б. Бабаджанов, член-корреспондент АН УССР Я. С. Яцкив.

Генеральная ассамблея была открыта в центре Патр, в древнем амфитеатре под открытым небом 17 августа. А 19 августа скончался президент МАС М. К. В. Баппу (*Bappu*), и ассамблея посвятила его памяти траурное заседание. На нем по поручению Исполкома МАС, а также от имени советской делегации выступил вице-президент МАС Е. К. Харадзе. Высоко оценив деятельность выдающегося индийского астрофизика и организатора науки, он выразил глубокое соболезнование индийской делегации.

Генеральная ассамблея утвердила ряд новых названий астрономических объектов. Так, один из кратеров на видимой стороне Луны теперь носит имя замечательного советского ученого М. В. Келдыша.

По традиции во время работы ассамблеи известные ученые прочитывают лекции, посвященные последним достижениям в отдельных областях астрономии. Таких выступлений проходивших в упомянутом амфитеатре, было четыре. Большой успех имела лекция Я. Б. Зельдовича «Современная космология».

Основная работа ассамблеи проходила в тематических комиссиях МАС.

В разные годы было создано 50 комиссий, каждая из которых призвана координировать научные исследования в какой-либо области современной астрономии. XVIII генеральная ассамблея организовала новую комиссию (№ 51) — «Поиски жизни во Вселенной». Все комиссии провели по нескольку заседаний: как правило, одно посвящалось организационным вопросам, на остальных рассматривались актуальные научные проблемы.

Проходили и совместные заседания нескольких комиссий, объединенные дискуссии.

Следует заметить, что, по мнению многих участников ассамблеи, на ней не было сообщений о каких-либо сенсационных открытиях; в центре ее внимания была большая работа астрономов сегодняшнего дня, грандиозные проекты и масштабные программы исследований, обеспечивающие будущий прогресс науки.

Современная астрономия уже немыслима без тесной связи с космическими исследованиями. Огромный интерес у ассамблеи встретило сообщение доктора физико-математических наук М. Я. Марова о проекте «Вега», предусматривающем запуск космического аппарата, который после пролета вблизи Венеры и подробных ее исследований отправится к комете Галлея — возвращение кометы к Солнцу ожидается в 1986 г. Для координации наземных наблюдений кометы Галлея создана специальная международная служба. Важный космический эксперимент «Галилей» — детальное изучение Юпитера и его спутников, включая фотографирование с близкого расстояния и спуск атмосферного зонда на планету — готовится в США.

Возрастающая сложность космических программ требует дальнейшего развития исследований по астрометрии — науке о положениях и движениях небесных светил. В связи с этим по ее проблемам был принят ряд решений. В свою очередь, космические исследования оказывают воздействие на астрометрию; ее собственный прогресс будет во многом зависеть от готовящегося запуска астрометрического спутника «Гиппарх», который позволит с беспрецедентной точностью определить координаты огромного числа звезд. Специалисты в области астрофизики, звездной астрономии с нетерпением ожидают выведения в космос крупного телескопа, благодаря которому впервые появится возможность на-

блюдать звезды до 28-й величины*.

Космические исследования дают новые, очень интересные результаты и при наблюдениях такой яркой звезды, как Солнце. На объединенной дискуссии «Колебания светимости Солнца» американские исследователи рассказали об уверенном обнаружении со спутника уменьшения видимого блеска Солнца при прохождении через его диск больших пятен. На лекции о солнечных вспышках был показан снятый со спутника фильм, запечатлевший развитие вспышек на Солнце в рентгеновских лучах.

Все это не означает, что наземные астрономические наблюдения хоть в какой-то степени теряют свои позиции. Наоборот, ассамблея показала чрезвычайную заинтересованность специалистов (в частности, из-за космических программ) в сохранении и развитии наземной наблюдательной базы.

У наземной астрономии также есть важные результаты и масштабные планы исследований. В США в ближайшие годы начнется повторение знаменитого Паломарского обзора неба в двух диапазонах видимого света, что позволит подробно изучить изменения на небе за последние 30 лет. Советские астрономы представили генеральной ассамблее подготовленный ими и опубликованный издательством «Наука» Новый каталог звезд, заподозренных в переменности блеска, включающий 14 810 объектов. Это первый этап ведущейся в СССР по поручению МАС большой работы по подготовке четвертого издания Общего каталога переменных звезд. Интересное заседание провели специалисты по вспыхивающим звездам; с вводным докладом здесь выступил В. А. Амбарцумян.

Генеральная ассамблея избрала новые руководящие органы МАС. Президентом союза стал известный австралийский астроном Р. Хэнбери Браун (*Hanbury Brown*), одним из вице-президентов — Я. С. Яцкив.

Четыре советских астронома избраны президентами комиссий, еще двое — вице-президентами.

Планетарные туманности

Планетарные туманности — давно известные и довольно обычные объекты как для нашей, так и для других галактик. Типичная планетарная туманность состоит из горячего белого карлика (звезды с массой около 0,6 массы Солнца и поверхностной температурой в десятки тысяч градусов) и окружающей его оболочки ионизованного газа. Наблюдаемые размеры оболочек обычно не превышают 1 пс. В оптической области спектр планетарных туманностей линейчат (непрерывный спектр довольно слаб), причем его линии относятся к так называемым «запрещенным».

Планетарные туманности отличаются огромным разнообразием протекающих в них физических и химических процессов (последние наблюдения показали, что сложность картины даже недооценивалась). Это закономерная и важная стадия в жизни почти всех звезд с начальными массами, лежащими в пределах от 1 до 8 масс Солнца. Изучая планетарные туманности, мы углубляем наши знания о поздних стадиях эволюции звезд, процессах, связанных с потерей массы звездами, различных неустойчивых процессах в их внешних слоях, механизмах излучения, взаимодействии высокоскоростного звездного ветра с окружающей средой, химическом составе Галактики и его эволюции и т. д.

Все эти проблемы обсуждаются на проходящих регулярно раз в 5 лет симпозиумах Международного астрономического союза. Очередной симпозиум под названием «Планетарные туманности» состоялся в августе 1982 г. в Лондоне.

Большой интерес, как всегда, вызвали новые наблюдательные данные, полученные, в частности, с помощью международного спутника «ИУЭ» в ультрафиолетовом диапазоне. В спектрах ряда планетарных туманностей (например, NGC 3242, NGC 6572 и др.) обнаружены линии очень высокого возбуждения, что говорит о существовании в оболочках таких объектов областей с температурами до миллиона градусов. Возможно, это фронты взаимодействия быстрого звездного ветра с веществом оболочек.

Современная инфракрасная техника позволяет строить достаточно подробные карты планетарных туманностей. Так, у объекта NGC 7027, который наблюдался на длине волны 12,5 мкм с разрешением 1″, в оболочке удалось выделить 5 отдельных фрагментов, возникших, вероятно, вследствие развития в ней динамических неустойчивостей. Исследования в инфракрасном диапазоне показали, что во многих планетарных туманностях присутствуют силикаты (различные соединения кремния), хотя обычно этим объектам присуще избыточное (по отношению к солнечному) содержание углерода.

Успешными оказались попытки обнаружить ионные переходы по излучению в далеком инфракрасном диапазоне. Вместе с результатами наблюдений в линиях молекул (CO^+, H^+_2, HCN и др.) эти данные существенно уточняют представления о физических условиях в планетарных туманностях. Кроме того, подобная информация содержит указание на эволюционную связь таких объектов с их возможными предшественниками — красными гигантами, долгопериодическими переменными и т. д., — в спектрах которых наблюдаются линии упомянутых молекул.

Особое внимание уделяется сейчас чрезвычайно важному для проверки всей теории звездной эволюции вопросу: как формируются и развиваются планетарные туманности? В настоящее время всеобщее признание получила гипотеза, которая была выдвинута советским астрофизиком И. С. Шкловским еще в 1956 г. и согласно которой они образуются вследствие сброса оболочки красным гигантом и последующей ее ионизации обнажившимся горячим ядром. Модели, количественно описывающие эту быструю и сложную для теоретических исследований стадию, активно обсуждаются последние 10—15 лет. Главными здесь остаются проблемы, связанные с механизмом сброса оболочки, изменением темпа потери массы во времени, природой и эволюцией звездного ветра. Большинство исследователей склонно считать, что существует некая фаза потери массы, характеризующаяся очень высоким темпом потери, продолжающаяся несколько тысяч лет и приводящая к сбросу видимой впоследствии оболочки. Причины возникновения «сверхветра» не вполне ясны. По мере разлета оболочки повышается температура центрального звездного ядра (белого карлика), а вместе с ней растут и скорость звездного ветра от него, и темп потери. Скорость может достигать значительной величины (до 4000 км/с). Существование «быстрого» ветра подтверждают наблюдения в линии H_α. Динамическое давление на внутренней границе оболочки от такого потока может быть достаточно большим.

Астрофизики, используя ЭВМ, построили общую теоретическую схему развития планетарной туманности, в которой прослеживается изменение во времени ее динамических и структурных параметров, спектра выходящего излучения. Однако по мере углубления знаний о планетарных туманностях мы все больше убеждаемся, что здесь нас ждет еще немало загадок, неожиданностей, находок, открытий.

Ранняя эволюция Вселенной и ее современная структура

В августе 1982 г. в Греции проходила XVIII генеральная ассамблея Международного астрономического союза*. Она по традиции сопровождалась многочисленными симпозиумами, на которых обсуждались актуальные вопросы астрономии, астрофизи-

---

* О двух последних проектах см. статью *Д. Пейджа* в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

* О ней см. выше: «XVIII генеральная ассамблея Международного астрономического союза». — *Ред.*

ки, космологии, методы обработки и интерпретации наблюдений. Именно здесь, в рабочей обстановке, рождается научное мнение, «приводится в порядок» огромная часто противоречивая научная информация. Один из таких симпозиумов, называвшийся «Ранняя эволюция Вселенной и ее современная структура», проходил на острове Крит.

Рассматривавшиеся ассамблеей и симпозиумом космологические вопросы тематически можно разбить на четыре группы: реликтовое радиоизлучение, хаббловское расширение, пространственная структура и физика ранней Вселенной.

Космическое реликтовое радиоизлучение, свидетельствующее о горячем прошлом нашей Вселенной, пронизывает ее во всех направлениях. Это излучение равновесно по своей природе и имеет температуру около 2,75 К, которая с удивительной точностью (ее относительная величина — $5 \cdot 10^{-5}$) постоянна на небесной сфере. Строго говоря, спектр радиофона, т. е. интенсивность реликтового излучения в зависимости от длины волны принимаемых волн, несколько отличается от равновесного: наблюдается 15-процентное увеличение яркости в области максимума (длина волны — порядка 1 мм). Однако, как отмечалось на симпозиуме, причиной этого могут быть либо существование дополнительных радиоисточников, излучающих как раз на тех длинах волн, на которых наблюдаются искажения равновесного спектра, либо ошибки измерений, достаточно большие в субмиллиметровом диапазоне.

Есть отклонения и от строго изотропного распределения радиотемпературы на небесной сфере. Единственные наблюдаемые подобные отклонения имеют дипольную структуру и естественно объясняются движением Солнечной системы относительно реликтового радиофона*. Скорость этого движения легко рассчитывается по формуле Доплера и составляет 372 ± 25 км/с. Движение галактик местной группы изучено довольно хорошо, что позволяет вычислить и скорость ее движения относительно реликтового излучения. Она равна 610 ± 50 км/с и направлена в сторону скопления Девы (различие в скоростях объясняется собственным движением Солнечной системы относительно Галактики и, следовательно, местной группы).

Основная трудность, возникающая при измерении анизотропии реликтового излучения, состоит в правильном учете фона нашей Галактики, которая также излучает в этом диапазоне. На симпозиуме выяснилось, что именно недооценка этого факта ранее привела наблюдателей к выводу о существовании заметной крупномасштабной анизотропии радиофона. Правильная обработка результатов измерений показала, что они никаких отклонений в распределении температуры радиоизлучения от изотропного не показывают, исключая дипольную анизотропию, связанную с движением Солнца. Достоверность самих измерений была, в частности, подтверждена обнаружением еще более тонких эффектов — крупномасштабной анизотропии радиофона, вызванной уже движением Земли по орбите вокруг Солнца, а не его самого. Направление этого движения меняется на противоположное через полгода, что должно отражаться на распределении температуры реликтового излучения. Разница в результатах, полученных при измерениях интенсивности радиофона в декабре 1980 г. и в июне 1981 г., соответствовала расчетному значению.

Чрезвычайно важный для теории происхождения галактик тест — измерение мелкомасштабных флуктуаций радиофона. Эти флуктуации неизбежно должны были быть вызваны первичными возмущениями плотности, с которыми связано происхождение галактик и их скоплений. До сих пор флуктуации обнаружить не удалось, и можно лишь указать уровень, которыи они заведомо не могут превышать. Лидируют здесь по точности эксперименты, выполненные на радиотелескопе «РАТАН-600» в СССР. В докладе члена-корреспондента АН СССР Ю. Н. Парийского подчеркивалось, что в наиболее интересных с этой точки зрения угловых масштабах (порядка $10'$) относительная амплитуда флуктуации меньше 10^{-5}. Это значение не согласуется ни с одной из существующих теорий образования галактик. Наиболее оптимистическая теоретическая оценка для модели Вселенной, в которой основная доля вещества сосредоточена в массивных нейтрино (см. ниже), предсказывает цифру в 3—4 раза бóльшую. Конечно, окончательный вывод можно будет сделать только после обнаружения реальных флуктуаций.

До сих пор ведутся ожесточенные споры о величине постоянной Хаббла — коэффициента пропорциональности между относительной скоростью разбегания скоплений галактик (или одиночных галактик) и расстоянием между ними. Причина разногласий между группами наблюдателей — разные методы, которые используются для определения расстояния до удаленных галактик и скоплений. Следует подчеркнуть, что задача эта очень сложна. Одна из известнейших групп приводит оценку постоянной Хаббла 50 ± 7 км/(с·Мпс), другая дает цифру в два раза большую. В этой связи весьма ценно замечание патриарха внегалактической астрономии нидерландского ученого Я. Оорта о том, что возраст наиболее древних шаровых скоплений не совместим с постоянной Хаббла, большей чем 60 км/(с·Мпс).

Наибольшее число докладов было посвящено пространственной структуре Вселенной (галактики и их группы). Большая часть светящегося вещества находится в сверхскоплениях, занимающих 10% всего объема Вселенной. По форме это вытянутые образования, имеющие сетчатую, паутинную или, как еще говорят, губчатую структуру. Сверхскопления неравновесны. В очень удаленных областях космоса между цепочками сверхскоплений обнаружены огромные пустоты, в которых практически нет вещества.

Один из самых интересных вопросов здесь — как возникла сетчатая структура: в результате фрагментации больших масс первичного газа (и последующего образования скоплений, галактик и звезд) или иерархического «скучивания» первичных звезд. В этом направлении уже много сделано. Ближе к окончательному ответу мы будем после обработки обзоров всего неба, которые предполагается завершить в недалеком будущем.

Большое внимание на симпозиуме было уделено физическим процессам, проходившим в очень далекую от нас эпоху, при временах $10 - {}^{35}$с от начала расширения Вселенной. Их исследование стало возможным благодаря успехам физики элементарных частиц и в особенности созданию теорий великого объединения. Эти теории предсказывают, что при очень больших энергиях существует единое взаимодействие между частицами, объединяющее сильные, электромагнитные и слабые взаимодействия. Такие экзотические условия как раз и могли возникать на очень ранних стадиях космологического расширения. В процессе расширения температура вещества уменьшалась и происходили так называемые фазовые переходы, в результате чего сформировалась привычная нам картина микромира. Бурное развитие этого направления в последние годы позволило подойти вплотную к ответу на такие фундаментальные вопросы, как: почему Вселенная в глобальном масштабе пространственно однородна, почему изотропно ее расширение, как возникли малые первичные возмущения, которые привели к образованию галактик, почему галактики и звезды состоят из вещества, а не из антивещества и др. Еще недавно в любой космологической теории многие фундаментальные свойства Вселенной лишь постулировались, теперь и они находят свое объяснение.

На симпозиуме обсуждалась еще одна актуальная проблема: какие астрофизические [illegible] повлечет за собой возможная [illegible] не массы

---

* Подробнее об этом см. статью *Ф. Мелькиорри* и *Б. Оливо-Мелькиорри* «Экспериментальная проверка космологических теорий» в этом томе. — *Ред.*

нейтрино от нуля. Происхожде-
й проблемы связано со знаме-
экспериментами в москов-
Институте теоретической и
ментальной физики, показав-
что, возможно, у электронных
но есть масса покоя. Для кос-
и такое предсказание чрезвы-
важно. Его подтверждение бу-
ачать, что основная часть всей
Вселенной сосредоточена в

слабовзаимодействующих нейтрино. В этом случае должны измениться наши представления о процессах образования галактик. Кроме того, здесь, возможно, содержится решение уже много лет стоящей перед космологией проблемы, связанной с парадоксом скрытой (невидимой) массы, на существование которой указывают многие наблюдательные данные.

ханика

ость материалов
ентов конструкций
емальных условиях

ственная премия СССР 1982 г.
дена коллективу авторов за
ную монографию «Проч-
атериалов и элементов конст-
в экстремальных условиях»,
кованную в 1980 г.
графия подвела итог много-
деятельности ученых Институ-
лем прочности АН УССР.
едования по проблемам про-
материалов и элементов кон-
ий в экстремальных условиях
ачаты более 25 лет назад и про-
сь в тесном сотрудничестве с
дленными предприятиями
.
конструировании современной
, работающей в экстремальных
ях (высокие температурные и
е нагрузки, агрессивные сре-
ьные электрические и магнит-
ля, радиационное облучение и
особая роль принадлежит про-
ванию ее надежности, несу-
особности и прочности наибо-
ветственных ее элементов. До-
ный прогноз может быть полу-
ько при оптимальном сочета-
ретического анализа и натур-
и хотя бы модельных, учитыва-
реальные эксплуатационные
я экспериментов. Именно та-
дход был реализован в инсти-
и проведении исследователь-
бот.
руководством и при непосред-
м участии авторов моногра-
ыли созданы оригинальные
ментальные комплексы, кото-
воляют проводить испытания
алов и элементов конструкций
ких, близких к эксплуатацион-

разработке методов испыта-
соответствующих технических
олучено более 100 автор-
тельств. Эти методы и испытательная техника широко используются в промышленности и научно-исследовательских учреждениях страны.

Новое экспериментальное оборудование позволило изучить зависимость прочностных свойств самых разных материалов и конструкционных элементов от температурно-временных факторов, длительности и режима силового нагружения, теплосмен, характера внешней среды, степени радиационного облучения. В результате была собрана и затем обобщена обширная информация о высоко- и низкотемпературной кратковременной прочности и деформируемости, длительной прочности и ползучести, твердости, упругости, усталости и термической усталости, демпфировании (гашении) колебаний для целых классов современных конструкционных материалов: тугоплавких, жаропрочных и других металлов и сплавов, легированных сталей, металлических и неметаллических композитов, стекол, ситаллов и керамики. Представленные в монографии сведения о поведении материалов и их сопротивлении воздействию статических, повторно-переменных и динамических нагрузок в широком диапазоне температур (от -269 до $+3000$ °С) в различных агрессивных средах превращают ее в издание энциклопедического характера.

На основе теоретической интерпретации экспериментальных данных были сформулированы уравнения состояния материалов, описывающие закономерности их деформирования и разрушения в таких условиях, разработаны новые теории, существенно углубляющие классические теории прочности и учитывающие структурную неоднородность материалов, температурные факторы и т. д.

При проведении подобных исследований важная роль отводится поиску критериев прочности.

Ученые разработали обобщенный критерий прочности, который пригоден для широкого круга материалов, в том числе и структурно неоднородных (графиты, чугуны, пластмассы и т. д.), и может быть использован при статических и динамических нагрузках; новые подходы к оценке работоспособности материалов (базирующиеся на деформационных и энергетических критериях усталостного разрушения металлов), определению допускаемых напряжений и коэффициентов запаса прочности, выбору критериев ползучести, усталостной и длительной прочности.

Дальнейшее развитие получили работы в области нелинейной механики. Предложены новые методы, которые позволяют определять характеристики демпфирования колебаний для материалов и реальных конструкционных элементов, изучены демпфирующие свойства более 100 конструкционных материалов и их зависимость от циклических и статических напряжений, температурных и других факторов, сопутствующих реальным условиям эксплуатации.

При исследовании термической стойкости широкого класса теплозащитных и огнеупорных материалов получены новые данные об их сопротивлении разрушению при резких теплосменах, характерных для реальных условий работы летательных аппаратов. Разработаны критерии термостойкости перспективных огнеупоров.

Для материалов, работающих в условиях реакторного облучения, сформулированы уравнения состояния и критерии прочности.

Авторы заложили научные основы конструирования глубоководных аппаратов из стекла, ситаллов и керамики. Возможность использовать стекло для изготовления конструкционных элементов, обладающих высокой сопротивляемостью сжатию, была обоснована теоретически и затем подтверждена в натурных экспериментах. Созданные системы обладают высокой жесткостью и прочностью, небольшой стоимостью.

Одно из перспективных направлений современной техники — конструирование материалов с заранее заданными механическими свойствами. Эти вопросы пока находятся в стадии разработки, но пройдет немного времени, и нам трудно будет представить себе машиностроение без материалов, целенаправленно созданных человеком. Результаты таких исследований тоже нашло отражение в монографии.

Большое место в ней отведено решению практических задач, касающихся, в частности, выносливости лопаток газовых турбин и влияния на нее технологии изготовления, предварительной наработки и т. п.; демпфирования колебаний лопаток, завися-

щего от потерь энергии на трение в различных соединениях и аэродинамического сопротивления газового потока; несущей способности лопаток, работающих в газовом потоке с высокими параметрами при различных силовых и тепловых режимах, а также в условиях химического воздействия.

Созданы новые методы для расчета на прочность дисков турбин, крыльчаток насосов, сварных оболочек и биметаллических соединений, поршней двигателей и т. п. Существенное развитие получили численные методы, позволяющие рассчитывать тепловые и напряженные состояния сложных конструкционных элементов машин.

Результаты исследований систематически внедряются в практику. Полученный экономический эффект исчисляется десятками миллионов рублей.

Эти результаты играют важную роль при разработке нормативов и стандартов, имеющих непосредственное отношение к методам испытаний и расчетам на прочность, рекомендаций по повышению надежности и долговечности конструкций.

Монография «Прочность материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях» не имеет аналогов в мировой литературе. Она дает ответы на многие нетрадиционные вопросы прочности, которые возникают в повседневной работе современного конструктора.

Гидродинамические модели космической плазмы

В теориях происхождения и эволюции звезд важная роль отводится межзвездному газу, поскольку, по современным представлениям, звезды образуются в результате некоторого процесса конденсации межзвездного вещества.

Сам факт существования межзвездного газа установлен уже давно. Так, в спектрах двойных звезд наблюдаются линии поглощения света, не испытывающие доплеровского смещения частоты; если бы поглощение происходило в атмосфере звезды, то такое смещение имело бы место вследствие орбитального движения одного компонента относительно другого. Интенсивность линий поглощения повышается с ростом расстояния до звезд, что объясняется увеличением числа поглощающих атомов на луче зрения.

В настоящее время присутствие межзвездного газа подтверждается наблюдениями в радиодиапазоне, в оптической и ультрафиолетовой областях спектра.

Концентрация частиц межзвездного газа невелика. Например, в столбе с поперечным сечением 1 см^2 и высотой, равной расстоянию от Солнца до ближайших звезд, содержится примерно столько же частиц вещества, сколько в 1 см^3 воздуха у поверхности Земли. Из наблюдений, как правило, получают осредненные по достаточно протяженным областям космического пространства характеристики межзвездного газа (плотность, температура, химический состав и т. д.).

По физическому состоянию межзвездного газа мы можем судить о процессах, идущих в космосе. Так, на распределение плотности и температуры газа, на его движение оказывает влияние излучение звезд. Под действием радиации газ нагревается, ионизуется и, расширяясь, приобретает кинетическую энергию. При этом температура газа в некоторой области, его химический состав и скорости расширения определяются спектральными особенностями излучения ближайших к ней звезд. Следовательно, сопоставляя полученную из наблюдений структуру межзвездной среды с предсказываемой теорией эволюции и строения звезд, можно делать выводы о справедливости тех или иных гипотез этой теории.

Одно из важнейших предсказаний теории — возможность потери массы звездами в результате сверхзвукового истечения их вещества. Это явление получило название звездного ветра. Как впервые теоретически показал известный американский астрофизик Е. Паркер (*Parker*), звездный ветер обусловлен тем, что у многих звезд в атмосфере может нарушаться условие гидростатического равновесия и, следовательно, должно происходить гидродинамическое расширение ионизованного газа (плазмы) их верхней атмосферы.

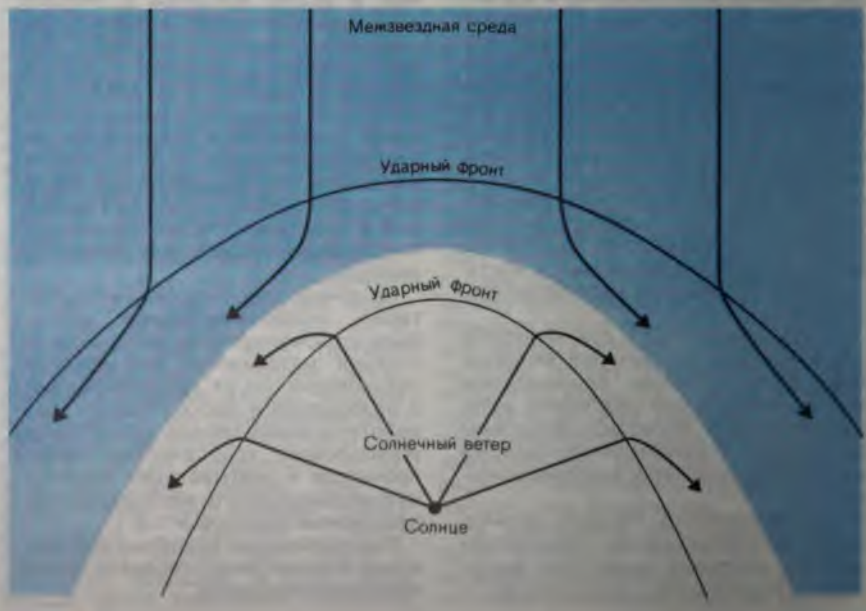
Это положение блестяще подтвердили прямые эксперименты в межпланетном пространстве. Измерения, проведенные на советских («Луна-2», «Луна-3», «Венера-1» и др.) и американских («Маринер-2», «Эксплорер-18» и др.) космических аппаратах, показали, что из Солнца происходит непрерывное истечение плазмы (солнечного ветра) со скоростью 400—500 км·с$^{-1}$ (средняя концентрация протонов на орбите Земли — порядка 5 см$^{-3}$).

Солнечный ветер оказывает влияние на физические условия в межпланетной среде и, в частности, на распределение заряженных частиц и магнитное поле в околоземном пространстве, вблизи Венеры, Марса и других планет.

С удалением от Солнца концентрация протонов в солнечном ветре уменьшается, примерно обратно пропорционально квадрату гелиоцентрического расстояния, а скорость частиц остается почти постоянной. Область, заполняемая солнечным ветром, не может простираться до бесконечности — давление межзвездной среды должно препятствовать его продвижению.

Характер торможения солнечного ветра межзвездной средой, естественно, зависит от ее свойств и движения. Следовательно, если бы на основе наблюдаемых характеристик солнечного ветра и некоторых средних параметров межзвездного газа нам удалось построить теоретическую модель взаимодействия солнечного ветра и межзвездной среды, то сопоставление теоретических результатов с данными наблюдений могло бы дать новые сведения о ее структуре в непосредственных окрестностях Солнца.

Такая модель была разработана и обоснована специалистами в области аэрогидродинамики и магнитной ги-



Взаимодействие солнечного ветра с межзвездной средой. Стрелки — направления течений

дродинамики В. Б. Барановым, К. В. Краснобаевым, А. Г. Куликовским. В основе модели лежит представление о столкновении двух сверхзвуковых потоков плазмы. Один из них — солнечный ветер, другой — межзвездный газ, который, как показывают наблюдения, движется относительно Солнца со сверхзвуковой скоростью. Возникающее при этом течение схематически показано на рисунке. Образуются два фронта ударной волны: через один из них проходит солнечный ветер, через другой — межзвездный газ. Между ними находится уплотненный слой плазмы. Однако такая картина течения справедлива лишь для заряженных частиц. Присутствующие в межзвездной среде атомы нейтрального водорода не вовлекаются в гидродинамическое движение, а только обмениваются зарядом с протонами солнечного ветра и с ионизованными атомами межзвездного газа в уплотненном слое. Распределение атомов нейтрального водорода в окрестностях Солнца зависит от структуры течения плазмы. Анализируя данные по рассеянию солнечного излучения на атомах нейтрального водорода и используя упомянутую модель, удалось уточнить величину концентрации нейтральных частиц в межзвездной среде.

В. Б. Баранов, К. В. Краснобаев и О. Г. Онищенко предложили также метод экспериментальной проверки модели, основанный на наблюдениях флуктуаций излучения радиоисточников с малыми угловыми размерами (пульсаров и квазаров). Он, в частности, может позволить экспериментально обнаружить область сильного торможения солнечного ветра.

Модель взаимодействия двух сверхзвуковых потоков плазмы использовалась также при изучении торможения звездных ветров и особенностей истечения вещества из ядер комет. Она нашла применение и в ряде других разделов астрофики. С ее помощью решаются задачи аэродинамики (тормозные двигатели для мягкой посадки космических аппаратов; сверхзвуковое сопло, у которого давление газа на выходе превышает атмосферное и т. д.).

Обоснование модели и анализ вытекающих из нее следствий даны в монографии В. Б. Баранова и К. В. Краснобаева «Гидродинамическая теория космической плазмы».

В книге последовательно излагаются также гидродинамическая теория межпланетной плазмы и межзвездного газа, общие методы исследования движения газа в условиях космического пространства, вопросы происхождения спиральной структуры галактик; дается строгий анализ областей, где применимо гидродинамическое описание космической плазмы.

Важная особенность этой работы — широкое использование результатов, полученных при изучении межпланетного пространства и межзвездной среды с помощью космических аппаратов.

Монография содержит также многочисленные результаты оригинальных исследований, выполненных ее авторами.

В настоящее время в мировой литературе нет аналогов этой работе, которые бы, рассматривая данный круг вопросов, столь полно отражали достижения теоретической гидромеханики и космических исследований. В 1982 г. монография В. Б. Баранова и К. В. Краснобаева «Гидродинамическая теория космической плазмы» удостоена премии имени С. А. Чаплыгина АН СССР.

Численные методы в гидродинамике

Гидродинамика — одна из тех наук, в которых раньше других (уже более 30 лет назад) в исследованиях начали применять численные расчеты на ЭВМ. При проектировании летательных аппаратов такие расчеты часто заменяют весьма дорогостоящие и сложные эксперименты в аэродинамических трубах. Более того, в ряде практически важных случаев численное моделирование оказывается единственным средством, позволяющим воспроизвести и проанализировать реальное физическое явление.

Задачи, связанные с расчетом течений жидкости или газа, приходится решать в авиации, космонавтике, ядерной физике, судостроении, метеорологии, океанологии, медицине, экологии и других областях. Численные методы сейчас успешно развиваются во многих странах. Параллельно быстро совершенствуется вычислительная техника. ЭВМ, имеющие производительность 50 млн. операций в секунду и оперативную память емкостью свыше 10 млн. слов, могут решать очень сложные аэродинамические задачи с высокой точностью.

Последние достижения в области вычислительной гидромеханики регулярно обсуждаются на международных конференциях, которые созываются раз в два года. Очередная восьмая конференция по численным методам в гидродинамике состоялась в конце июня — начале июля 1982 г. в Аахене (ФРГ). В ее работе участвовало около 250 ученых и инженеров, представлявших крупные научно-исследовательские центры, высшие учебные заведения и промышленные фирмы 22 стран. На конференции было прочитано 6 обзорных лекций по ключевым проблемам данного научного направления и 60 докладов.

Большое внимание на ней было уделено вопросам вычислительной математики, численным методам интегрирования уравнений гидродинамики, расчету течений жидкости и газа в различных случаях (с учетом ряда физических факторов, при трансзвуковых и сверхзвуковых скоростях, с сильным вращением), результатам исследования пограничного слоя, ламинарных, переходных и турбулентных потоков.

Некоторые актуальные задачи аэрогидромеханики настолько сложны, а требования к точности их решения настолько велики, что возможностей даже самых современных ЭВМ оказывается недостаточно. Это относится в первую очередь к многомерным задачам обтекания тел вязкой жидкостью. Помогают здесь разработка эффективных и экономичных численных алгоритмов, обладающих специальными свойствами, и построение адаптирующихся расчетных сеток. На конференции обсуждались различные схемы конечно-разностного метода, метода конечных элементов, спектрального метода.

Течения невязкого газа описываются системой уравнений Эйлера, а вязкого — существенно более сложной системой уравнений Навье—Стокса. Действие вязкости особенно велико внутри тонкого пограничного слоя, примыкающего к обтекаемой поверхности тела. Здесь последние уравнения можно сильно упростить и свести к уравнениям Прандтля.

На конференции обсуждались различные задачи аэрогидродинамики, при решении которых проводится численное интегрирование уравнений Эйлера. Для сверхзвуковых течений газа характерны ударные волны, при переходе через которые скачкообразно меняются параметры потока. При расчетах такие сильные разрывы можно выделять или «размазывать». Сопоставление этих двух подходов и возможности их комбинирования — тема обзорной лекции английского ученого К. В. Мортона (*Morton*). Численному исследованию распространения ударных волн в газе при взрыве или детонации была посвящена обзорная лекция П. И. Чушкина и Л. В. Шуршалова (АН СССР). В ней, в частности, рассказывалось об определении траекторных и энергетических характеристик Тунгусского метеорита по разрушениям лесного массива, вызванным вторжением в атмосферу и взрывом этого космического тела.

С интересом на конференции были встречены сообщения о результатах численного моделирования газодинамических процессов в нейтронных звездах при наличии фазовых переходов, распространения пожара от источника загорания в закрытом помещении, пульсаций струи инжектора, потока, возникающего при работе газовой центрифуги, взаимодействия ударной волны с вихрями или горячей зоной.

Обзорная лекция В. Ф. Болхауза (*Ballhaus*, США) и группа докладов касались численного решения прикладных аэродинамических задач. В частности, рассчитывались обтекание крыльев и фюзеляжей сверхзвуковых

летательных аппаратов и химически неравновесный сверхзвуковой поток водородо-кислородной смеси в реактивном сопле. Исследование трансзвуковых течений особенно важно при проектировании гражданской околозвуковой авиации, где должны сочетаться высокие скорость и экономичность. Были представлены результаты расчета трансзвуковых течений внутри сопла и воздухозаборника, около изолированных крыла и фюзеляжа, около сложных трехмерных конфигураций (фюзеляж с крылом, крыло с мотогондолой на пилоне).

На конференции рассматривались различные численные методы, применяющиеся при изучении движений вязкой жидкости как в рамках теории пограничного слоя, так и на основе уравнений Навье-Стокса. По этой актуальной теме были прочитаны две обзорные лекции: о двумерных отрывных течениях — К. Герстен (*Gersten*, ФРГ) и о моделировании течений с использованием приближенного метода дискретных вихрей — К. и И. Ошима (*Oshima*, Япония). Японские авторы продемонстрировали расчетные и экспериментальные картины потока, возникающие за колеблющимся или вращающимся эллиптическим профилем в несжимаемой вязкой жидкости. В выступлениях приводились результаты расчетов обтекания плоских и осесимметричных тел при наличии срывных зон, движения жидкости в разветвляющемся канале, моделирующего ток крови в сосудах.

Характер движения вязкой жидкости определяется безразмерным параметром — числом Рейнольдса. С его ростом ламинарное слоистое течение переходит в турбулентное с хаотической неупорядоченной структурой. Численно моделировать турбулентность очень сложно, она с трудом поддается исследованию даже при использовании самых мощных ЭВМ. Подходы к решению этой проблемы рассматривались в обзорной лекции П. Мойна (*Moin*, США) и нескольких докладах.

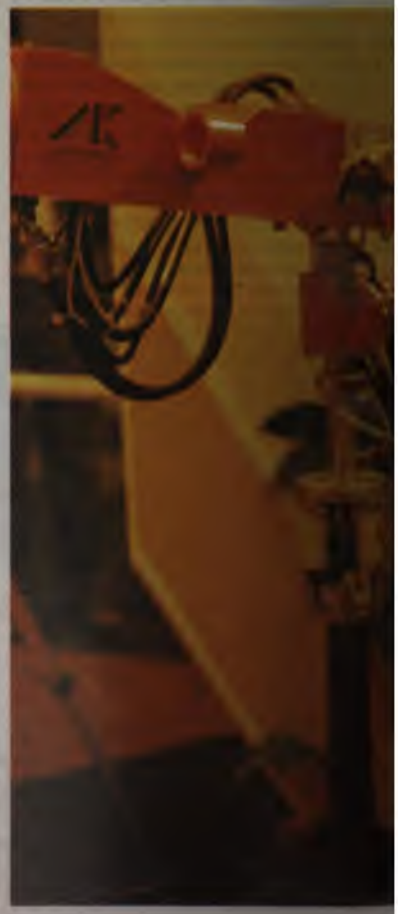
XII международный симпозиум по промышленным роботам

В июне 1982 г. в Париже состоялся XII международный симпозиум по промышленным роботам. В его работе приняло участие более 900 ученых, инженеров, экономистов из 27 стран мира. К симпозиуму была приурочена международная выставка «Промышленные роботы».

Это новое средство автоматизации технологических процессов, обеспечивающее замену человеческого труда при выполнении операций в неблагоприятных для людей условиях, трудоемких и монотонных операций, все шире применяется в промышленно развитых странах.

В области робототехники прослеживаются две тенденции. Первая — интенсификация научно-исследовательских работ по созданию промышленных роботов с развитым сенсорным аппаратом и автономной системой управления, использующей, как правило, микро-ЭВМ или микропроцессоры (внедрение таких роботов уже началось). Вторая — совершенствование и расширение производства широкоприменяемых достаточно простых специализированных роботов для конкретных технологических операций, подчиняющихся общей системе управления.

В настоящее время промышленные роботы применяются в основном в машиностроении, где они выполняют



Павильон международной выставки «Промышленные роботы» в Париже. Фото В. Лохина

Демонстрировавшиеся на выставке роботы: для сварки металлических конструкций; для покрасочных работ (Франция); универсальный для сварки, покраски, загрузки и разгрузки станков и т. д. (ФРГ); оснащенный системой зрения, он собирает популярный кубик Рубика (Rubik) (Франция). Фото В. Лохина

На с. 319: *Испытания робота в Экспериментальном научно-исследовательском институте металлорежущих станков (СССР)*

Автоматизированный участок обработки валов электродвигателей, который обслуживает робот УМ-160 (СССР). Робот производит поиск и опознание валов в накопителе станка, «ощупывание» детали, ее точную установку на станок для обработки и дальнейшую ее транспортировку (вес детали — до 160 кг)

Телеуправляемый робот, обслуживающий машину горячей штамповки (операции загрузки и разгрузки) на заводе (Barriol et Dallière) во Франции

самые разные операции (точечная и дуговая сварка; установка и снятие деталей на металлорежущих станках, прессах, литейных машинах; покраска и нанесение различных защитных покрытий на детали).

Так, во Франции роботы получили наибольшее распространение в автомобильной промышленности. Предполагается их широкое использование в составе гибких автоматизированных производств, которые могут достаточно легко переналаживаться при переходе на новый вид или модификацию продукции. Роботы действуют в комплексе со станками с числовым программным управлением, автоматическими системами для транспортировки деталей. Общее управление осуществляют ЭВМ, которые рассчитывают оптимальные технологические режимы работы станков и маршруты транспортировки деталей, контролируют качество обработки деталей и исправность оборудования. В случае выхода из строя какого-либо оборудования неисправная единица исключается из технологического процесса, а порядок обработки детали автоматически меняется.

Французские специалисты считают, что благодаря повышению качества продукции и снижению ее себестоимости гибкие автоматизированные производства и промышленные роботы помогут национальной автомобильной промышленности устоять в жесткой конкурентной борьбе, в первую очередь с японскими фирмами.

Простые роботы успешно работают на предприятиях многих стран, однако если необходимо автоматизировать достаточно сложные технологические операции (например, сборку в условиях неопределенной ориентации деталей), то в этом случае робот уже должен быть снабжен «органами чувств» (зрение, осязание, слух, способность ощущать развиваемые усилия и пр.). Информация, полученная от таких органов, поступает в ЭВМ — «мозг» робота, и на основе ее анализа вырабатывается решение о целенаправленных действиях исполнительных устройств — «рук» робота.

Исследовательские работы по созданию таких очувствленных роботов ведутся во многих лабораториях мира. Результатам работ в этой области на симпозиуме был посвящен ряд докладов.

В Англии разработан робот, на схвате которого размещена фотоматрица небольшого размера с разрешением 32×32 точки. Микрокомпьютер анализирует изображение, в результате чего определяются относительные координаты детали и схвата, а также ориентация детали, и вырабатывает команды на приводы манипулятора, обеспечивающие надежный захват детали. Система зрения способна также выявлять дефекты детали.

Интересная интерактивная робототехническая система разработана в Японии. Система включает два манипулятора, телевизионную камеру, лазерный дальномер и ЭВМ, которая, анализируя телевизионное изображение и данные дальномера, определяет и запоминает внешнюю обстановку. Пользователь, наблюдая ее на экране диспеля, выдает задание на выполнение требуемых операций на специальном языке высокого уровня. Система обеспечивает быстрое и надежное обучение робота.

Также в Японии создан сборочный робот, включающий две «руки», телевизионную систему искусственного зрения, мини-ЭВМ и группу микропроцессоров, которые осуществляют управление движением «рук» робота

и обрабатывают информацию, получаемую от системы зрения. Разработан специальный язык для управления этим роботом, предназначенным для проведения исследований по применению промышленных роботов в реальных технологических процессах.

В США выпускается система телевизионного технического зрения, оснащенная микро-ЭВМ. Система может выполнять визуальную проверку качества детали (например, после выполнения операции штамповки) путем сравнения ее изображения с эталоном. Совместно с промышленными роботами система использовалась, например, для сборки узлов клавиатуры пишущей машинки (определение ориентации деталей и контроль качества сборки), для сварки деталей (определение координат сварного шва и перемещение сварочной головки по запоминаемой траектории).

Специалисты считают, что широко внедрить визуальные системы в производство можно, только снизив их стоимость, «научив» их работать в условиях малой освещенности и обрабатывать изображения в реальном масштабе времени.

Для контроля положения детали (например, в процессе сборки) могут быть использованы и сенсорные системы, способные «осязать» и «ощущать» усилие (они существенно дешевле систем зрительного восприятия). Так, на симпозиуме был представлен компактный тензодатчик силы и момента, измеряющий силу величиной до 30 Н с разрешением 0,1 Н и работающий на сборочном роботе, а также тактильный («осязающий») датчик, имеющий поле 30 × 30 ячеек, каждая из которых занимает площадь 1 мм², и выполненный из полупроводникового и эластичного материала.

В докладе члена-корреспондента АН СССР Д.Е.Охоцимского были представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по роботам, способным ощущать развиваемые усилия (например, при упоре собираемой детали в какое-нибудь препятствие) и предназначенным для выполнения операций при сборке гидравлического насоса. На основе анализа полученной информации о развиваемых усилиях ЭВМ решает, как должны двигаться «руки» робота, для того чтобы осуществить необходимые операции. Робот действует подобно слепому оператору, собирающему узел «на ощупь».

Очувствленные роботы (роботы второго поколения) уже применяются в промышленности. На симпозиуме рассказывалось о таких роботах, предназначенных для извлечения коленчатых валов из движущейся по конвейеру тары, работы на линии сборки стиральных машин, обработки ранта модельной обуви, украшения шоколадных наборов.

Ведутся исследования по применению роботов и в сельском хозяйстве. Так, астралийские ученые создали опытный образец робота для стрижки овец, оснащенного специальным щупом (для определения положения тела животного) и ЭВМ. Система управления роботом позволяет обрабатывать животных с любым шерстяным покровом и с заданной глубиной стрижки.

На симпозиуме также рассматривались социально-экономические вопросы применения роботов (влияние их внедрения на развитие экономики, перспективы развития робототехники, роботы и техника безопасности и т. д.).

Космические исследования

Длительная экспедиция на «Салюте-7»

19 апреля 1982 г. на околоземную орбиту была выведена станция «Салют-7» — усовершенствованный вариант орбитальных научных станций второго поколения; она оснащена двумя стыковочными узлами и обладает улучшенными эксплуатационными характеристиками. Станция более комфортабельна и более удобна для жизни и работы космонавтов, расширен состав научной аппаратуры.

13 мая 1982 г в транспортном космическом корабле «Союз Т-5» стартовали члены основной экспедиции — командир А. Н Березовой и бортинженер летчик-космонавт СССР В. В. Лебедев.

14 мая после необходимых маневров корабль состыковался со станцией (со стороны переходного отсека).

После расконсервации станции и ее перевода в режим пилотируемого полета (включение систем жизнеобеспечения, проверка системы автономной навигации «Дельта», пультов управления, иллюминаторов и механизмов открытия—закрытия установленных на них защитных крышек, аппаратуры радиосвязи; настройка телетайпного аппарата «Строка» и т. д.) космонавты приступили к выполнению научной программы полета.

За время работы на станции экипаж разгрузил 4 автоматических грузовых корабля «Прогресс» с номерами 13, 14, 15, 16. Они обеспечивали ее бесперебойное снабжение всем необходимым, доставляли топливо для объединенной двигательной установки станции, оборудование, аппаратуру, материалы для научных исследований и обеспечения жизнедеятельности, почту. Кроме того, с помощью двигательных установок грузовых кораблей проводились коррекции траектории орбитального комплекса.

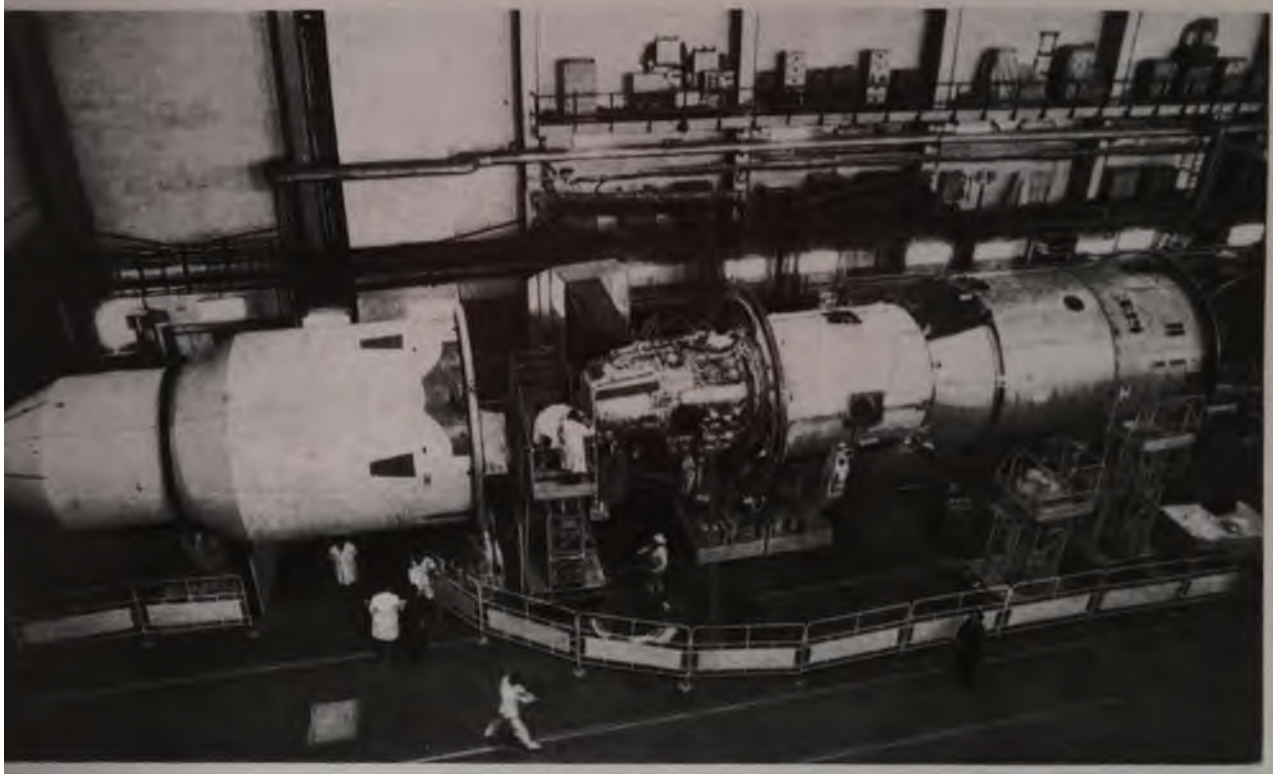
Космонавты выполнили новую в практике космических полетов операцию: 17 мая и 18 ноября 1982 г. через шлюзовую камеру станции были выведены в космическое пространство малые искусственные спутники «Искра-2» и «Искра-3», предназначенные для экспериментов в области любительской радиосвязи и созданные студенческим конструкторским бюро Московского авиационного института им. С. Орджоникидзе с привлечением молодых ученых и радиолюбителей страны.

В рамках обширной программы исследованию природных ресурсов Земли и окружающей среды космонавты постоянно вели визуально-инструментальные наблюдения и фотографирование земной поверхности, а также различных метеорологических явлений.

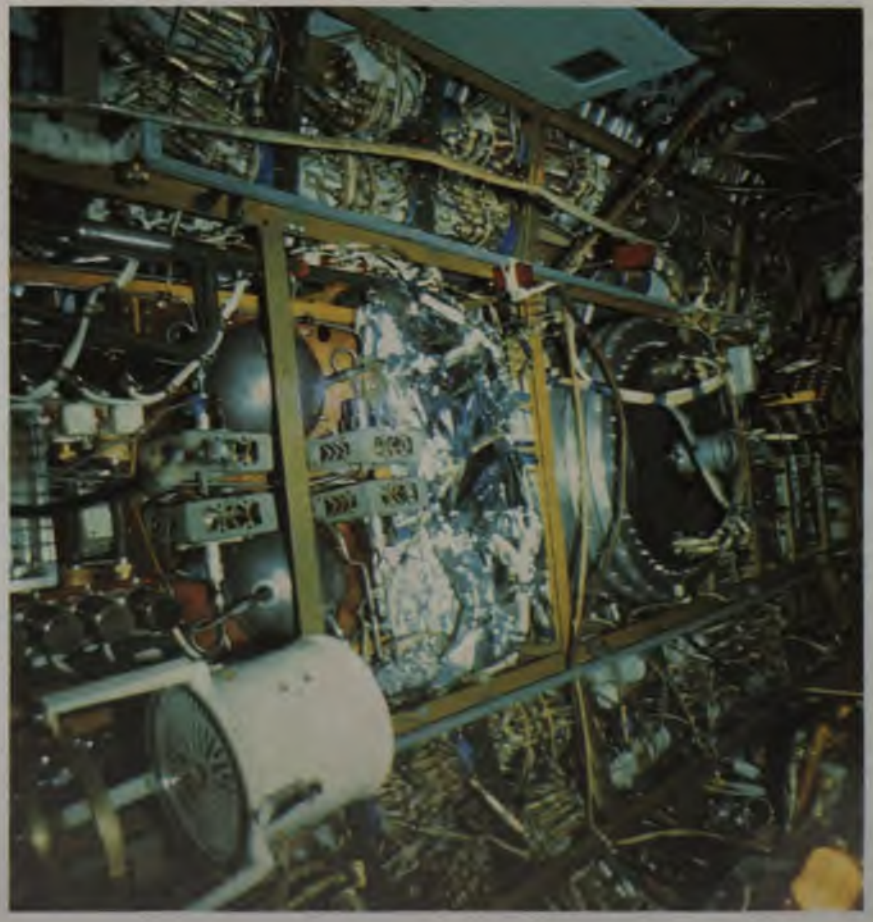
Для этого они использовали многозональную фотокамеру МКФ-6М, фотоаппарат КАТЭ-140, телевизионную аппаратуру «Нива», которая позволяла делать видеозапись наблюдаемых районов и в сеансах телесвязи передавать оперативную информацию на Землю.

По заданиям специалистов наблюдались и фотографировались крупные кольцевые образования и разломы земной коры в Прибалхашье, на Украине, в районе Аральского моря, на Дальнем Востоке; определялось состояние лесных массивов на Алтае, в Карпатах, Амурской области и Забайкалье; изучались ледники и наледи в горах, газоносные районы Прикаспия, образование и динамика пылевых бурь на территории Казахстана и Туркмении; фотографировались также отдельные районы Белоруссии, Украины, Кавказа, республик Средней Азии, Памира, Черного и Каспийского морей, Атлантического и Индийского океанов. По результатам орбитальных наблюдений уже в октябре 1982 г. шесть геологических отрядов вели поиск месторождений полезных ископаемых в районах Прикаспия, Арала и Прибалхашья.

Цель астрофизических экспериментов, проведенных экипажем, — изучение источников рентгеновского излучения с помощью зеркального рентгеновского телескопа РТ-4М и спектрального рентгеновского телескопа СКР-02; фотографирование в



*готовка к полету орбитальной
ции «Салют-7» (монтажно-испыта-
ный корпус космодрома Байконур)*



*готовка к старту ракеты-носи-
(монтажно-испытательный
пус космодрома Байконур)*

*анелями станции «Салют» рас-
жены многие километры ка-
й бортовых систем, трубопрово-
различные приборы и кон-
кции. Фото А. С. Рожкова*

Тренировка А. Н. Березового и В. В. Лебедева в бассейне, где созданы условия, близкие к условиям невесомости (Центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина)

А. Н. Березовой и В. В. Лебедев во время физподготовки в спортивном зале Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина

Орбитальный комплекс «Салют-7» — «Союз Т-5». Съемка выполнена с борта космического корабля «Союз Т-6» космонавтами В. А. Джанибековым, А. С. Иванченковым и Ж.-Л. Кретьеном

А. Н. Березовой и В. В. Лебедев принимают душ в специальной установке на борту станции «Салют-7». Фото космонавта Л. И. Попова

видимом и ближнем инфракрасном диапазоне участков звездного неба французской аппаратурой «Пирамиг» и ПСН, а также продолжение начатых на станции «Салют-6» измерений гамма-телескопом «Елена» фонового излучения в гамма-диапазоне. Особенно большой объем интересной для астрофизиков информации (около 1000 снимков) получен с помощью аппаратуры «Пирамиг» и ПСН. В качестве объектов исследований были выбраны созвездия Стрельца, Ориона, Тельца, Возничего, Андромеды, Кассиопеи, Кита, Пегаса и др.

Кроме астрофизических исследований эта аппаратура использовалась для изучения структуры земной атмосферы и межпланетной среды.

Задачи метеорологии и атмосферной оптики решались в эксперименте «Рефракция»: фотографирование восходящего и заходящего Солнца при различных его высотах над горизонтом. По искажениям изображения, вызванным рефракцией света в атмосфере, можно получить информацию о плотности и температуре на различных высотах.

В соответствии с программами международного сотрудничества была осуществлена контрольная проверка фотометра ЭФО-1, изготовленного в ЧССР и предназначенного для изучения аэрозольных образований в атмосфере Земли. В 1978 г. первые наблюдения по этой программе

Электронный микроскоп, на котором на Земле изучаются полупроводники, полученные на станции «Салют»

Параллельно с экспериментами по культивированию высших растений в условиях космического полета на станции «Салют-7» те

же растения в аналогичных установках выращиваются на Земле: установка «Оазис», около нее заведующий лабораторией ВНИИбиотехника А. Л. Машинский; сосуд для электростимулирования растений в установке «Оазис»; установка «Вазон» для культивирования луковичных растений; установка «Светоблок», в ней впервые в условиях невесомости наблюдалось цветение. Фото А. С. Рожкова

(эксперимент «Экстинкция») проводил на станции «Салют-6» советско-чехословацкий экипаж.

Экипаж продолжил измерения оптических характеристик земной атмосферы с использованием электронного фотометра ЭФО-1.

Изучение ионосферы Земли и оценка параметров атмосферы, непосредственно окружающей станцию, проводились с помощью масс-спектрометрической аппаратуры «Астра-1».

В середине июня космонавтами была смонтирована и испытана технологическая установка «Кристалл—Магма Ф». Размеры электронагревательной камеры у этой установки больше, чем у предыдущих

«Космические» растения: арабидопсис (вверху) и орхидеи. Фото В. В. Коваленка и В. П. Савиных («Салют-6» — «Союз Т-4»)

установок «Кристалл», в различных ее зонах специальные датчики регистрируют температуру, а смонтированный на установке датчик перегрузок фиксирует значения микроперегрузок во время плавок. Кроме основной экспедиции установку использовал советско-французский экипаж.

Новая технологическая установка «Корунд» (ее доставил «Прогресс-16») предназначена для получения в космосе различных полупроводниковых материалов. Она включает электронагревательную печь, рассчитанную на работу последовательно с двенадцатью образцами, и блоки автоматики, позволяющие проводить на ней эксперименты не только в пилотируемом режиме, но и в беспилотном варианте по предварительно заданной экипажем программе. Используя установку А. Н. Березовой и В. В. Лебедев получили, в частности, опытные образцы монокристаллов селенида кадмия, антимонида индия, сульфида кадмия, германия, легированного галлием.

В ходе полета постоянно контролировалось состояние здоровья космонавтов, периодически проводились специальные «медицинские» дни, когда они подвергались комплексным обследованиям: измерялась масса их тел, определялось состояние мышц (нагрузка на которые в невесомости снижена), сердечно-сосудистой системы (в условиях имитации действия гидростатического давления, создаваемого с помощью вакуумного костюма «Чибис»; с помощью ультразвуковой аппаратуры «Эхограф»), изучалась биологическая активность сердца при выполнении физических упражнений на велоэргометре, осуществлялись биохимические исследования.

Для регистрации физиологических параметров использовалась многофункциональная аппаратура «Аэлита-01», «Реограф», «Бета».

Экипаж систематически занимался физическими упражнениями на велоэргометре и комплексном тренажере (бегущая дорожка, амортизаторы, создающие нагрузку на костно-мышечный аппарат, эспандеры для силовых упражнений).

Был осуществлен цикл биологических экспериментов по культивированию высших растений в условиях космического полета.

В установках «Оазис», «Вазон», «Фитон», «Светоблок» выращивались горох, овес, пшеница, лук, кресс-салат, укроп и другие растения; изучалось влияние неоднородного магнитного поля на развитие семян льна (установка «Магнитогравистат»), электрического поля — на развитие гороха, исследовалась динамика роста культуры ткани пшеницы и кукурузы. Впервые в космосе прошел полный цикл развития и дал семена арабидопсис («Фитон»).

В ходе полета первой экспедиции проводились эксперименты по биологической технологии.

В приборе «Светоблок» (эксперимент «Гель») изучались особенности синтеза полимерных веществ в условиях невесомости.

На установке «Таврия» отрабатывались методы получения в условиях невесомости высокочистых биологических активных веществ. С помощью усовершенствованной аппаратуры исследовался процесс электрофоретического разделения смесей тканевых клеток.

С 26 июня по 2 июля 1982 г. основной экипаж работал с советско-французской международной экспедицией — космонавтами В. А. Джанибе-

ковым, А. С. Иванченковым и Ж.-Л. Кретьеном (Chrétien)*.

30 июля А. Н. Березовой и В. В. Лебедев осуществили выход в открытый космос для того, чтобы демонтировать и частично заменить аппаратуру, установленную на внешней поверхности станции и выполнившую свои научные задачи, а также провести различные технологические операции, в частности с целью оценки эффективности применения термомеханических и резьбовых соединений из различных пар металлов. Подобные механические соединения могут быть в будущем применены при сборке на орбите космических аппаратов.

В помещение станции были перенесены прибор для регистрации микрометеоритов, панели с биополимерами, оптическими и различными конструкционными материалами — они находились в открытом космосе с момента ее выведения на орбиту 19 апреля 1982 г. Вместо демонтированных блоков были установлены новые, аналогичные снятым.

В открытом космосе продолжилось испытание скафандров полужесткого типа, которые были усовершенствованы с учетом опыта, накопленного во время аналогичных выходов на станции «Салют-6». Космонавты проверили также новые инструменты, предназначенные для монтажных работ с внешней стороны станции.

А. Н. Березовой и В. В. Лебедев находились в открытом космосе 2 ч 33 мин.

В августе 1982 г. А. Н. Березовой и В. В. Лебедев работали вместе с членами экспедиции посещения — Л. И. Поповым, А. А. Серебровым и С. Е. Савицкой*.

Самый длительный в истории космонавтики пилотируемый полет продолжительностью 211 суток был успешно завершен 10 декабря 1982 г.: спускаемый аппарат корабля «Союз Т-7» с космонавтами А. Н. Березовым и В. В. Лебедевым совершил посадку в 190 км восточнее г. Джезказган.

---

* Подробнее об этом см. ниже: «Полет советско-французского экипажа». — *Ред.*

* Подробнее об этом см. ниже: «В составе экипажа женщина-космонавт». — *Ред.*

Космонавт, отправляющийся в полет, должен овладеть многими профессиями. Одну из них можно назвать «природовед-наблюдатель». Ценность природоведческих исследований, проводящихся с орбиты пилотируемого комплекса, особенно возрастает при длительных полетах, когда один и тот же экипаж с помощью одного и того же комплекса аппаратуры может проследить изменения природной среды в течение практически всех сезонов года.

Яркий пример долговременной экспедиции — работа А. Березового и В. Лебедева на станции «Салют-7» в 1982 г., продолжавшаяся с конца весны до начала зимы (почти все представленные здесь иллюстрации касаются подготовки к этому полету и его обеспечения).

Чтобы стать специалистом по природоведению, космонавт должен научиться легко распознавать природные объекты, изучить их основные особенности, уметь быстро ориентироваться, знать возможности используемой для наблюдений аппаратуры и т. д.

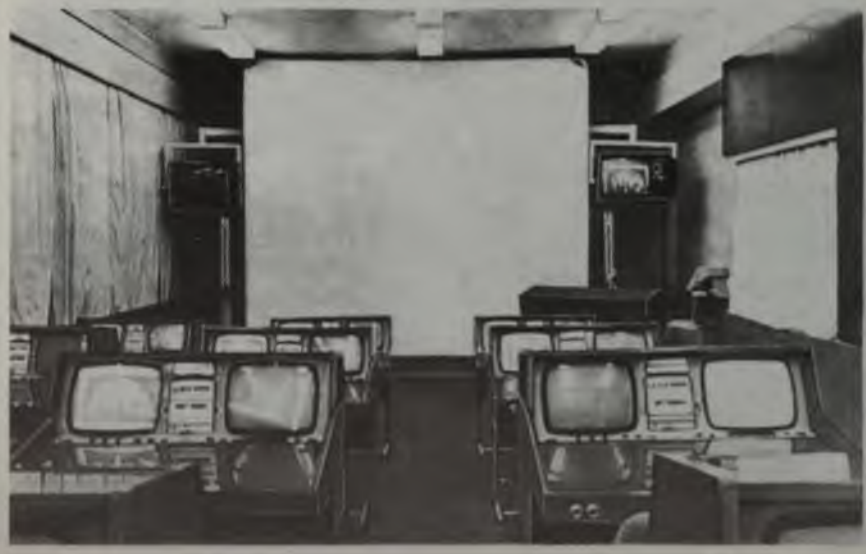
Готовясь к работе на орбите, космонавты проходят курс обучения по природоведческой программе, в которую входят, в частности, лекционные занятия и учебно-демонстрационные полеты на самолете ТУ-134 над районами запланированных исследований (тестовыми участками).

С основными полетными заданиями, которые экипаж получает от учебных-природоведов, он знакомится еще на Земле. Это несколько бортовых журналов, включающих описание аппаратуры, космические снимки, подробные схемы тестовых участков. Эти журналы и космонавигационные карты позволяют космонавтам легко ориентироваться в полете. В своей работе экипаж широко использует переносные фотоаппараты и кинокамеры, стационарные фотокамеры КАТЭ-140 (прецизионный топографический аппарат) и МКФ-6М (с ее помощью одновременно получают шесть узкозональных черно-белых снимков, из которых, применяя фильтры, синтезируют цветное изображение).

Отдельные этапы предполетной подготовки космонавтов по природоведению, типичные тестовые участки, расположенные вдоль трасс учебно-демонстрационных полетов, бортовая аппаратура и документация для проведения визуально-фотографических исследований с борта станции — тема приводимой здесь серии фотографий (см. также предыдущие тома ежегодника).

Класс космического природоведения в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина

Пульт преподавателя — отсюда специалист, ведущий занятия, управляет всем техническим оборудованием класса и, используя лазерную указку, дает пояснения к изображению на экране



Летчик-космонавт СССР В. Лебедев за штурвалом самолета ТУ-134 во время учебно-демонстрационного полета

На борту самолета ТУ-134 летчик-космонавт СССР О. Макаров изучает геологические структуры Таджикистана, работая с картами и орбитальными снимками

Летчик-космонавт СССР А. Березовой и специалисты Госцентра «Природа» в минуты отдыха между учебно-тренировочными полетами (аэропорт г. Фергана)

На вертолете МИ-8 специалисты обследуют тестовый участок в горах Киргизии во время его наблюдения космонавтами с борта самолета

Бортовые журналы, содержащие задания для экипажа орбитальной станции по наблюдению и съемке земной поверхности, и альбом космонавигационной карты

Страница бортового журнала, на которой показано положение ледников Южного ледяного поля Патагонии по состоянию на январь 1978 г. С помощью подобных документов космонавты оценивают при наблюдениях с орбиты динамические изменения ледников

Страница бортового журнала со схемой динамики оледенения Памира за последние 30 лет и прогнозируемых подвижек ледников. Схема используется космонавтами для «патрульного осмотра» горной системы

Страницы альбома космонавигационной карты

Страница бортового журнала с описанием кинокамеры и инструкцией по ее эксплуатации

Бортовая космонавигационная карта с трассой полета. Предназначена для расчета времени прохождения над районами наблюдений на борту станции

Космический снимок части озера Балхаш, помещенный в бортовой журнал (используется при орбитальных наблюдениях мутьевых выносов рек, впадающих в озеро). Внизу слева — устье реки Лепсы

Устье реки Лепсы и ее мутьевые выносы. Снимок получен с вертолета во время подспутникового эксперимента

Топографическая камера КАТЭ-140 во время наземных испытаний. Она предназначена для фотографирования с борта станции земной поверхности на цветную и черно-белую пленку

Многозональная камера МКФ-6М, созданная специалистами ГДР и СССР

«Нижняя» часть внешней поверхности станции «Салют». Иллюминаторы закрыты красными крышками. Вверху видны оптические элементы камеры МКФ-6М. Фото А. С. Рожкова

Проектор МСП-4 для синтезирования цветных изображений из снимков, полученных с помощью фотокамеры МКФ-6М (разработан специалистами ГДР и СССР)

Район в среднерусской полосе, через который проходила весенняя граница сезонного снежного покрова. С орбиты космонавты следят за темпом ее перемещения на север

Тестовый участок в Крымских горах, на котором изучаются особенности карстового рельефа

Район в горах Каратау (Юго-Западный Казахстан) — тестовый участок для изучения рельефа в различные сезоны с помощью орбитальной съемки

Леса тянь-шаньской ели и горное пастбище на территории Джеты-Огузского заповедника вблизи озера Иссык-Куль (Киргизия)

Опытное поле в районе озера Иссык-Куль и реки Джеты-Огуз

Побережье озера Иссык-Куль и санаторий «Иссык-Куль». Периодическое фотографирование района из космоса дает возможность оценить влияние «антропогенного пресса» на ландшафт

Заповедник «Тигровая Балка» в нижнем течении реки Вахш (Таджикистан)

Один из заливов Нурекского водохранилища — тестовый участок, на котором изучается обрушение берегов, происходящее вследствие заполнения водоема и периодических быстрых сбросов воды

Пульсирующий ледник на склоне Заалайского хребта вблизи пика Ленина (Северный Памир), имеющий характерную форму «кошачьей лапы». По форме ледников космонавты определяют их подвижки в горных системах

Уникальный природный объект в горах Тянь-Шаня (вблизи пиков Победы и Хан-Тенгри) — озеро Мерцбахера, расположенное в труднодоступном районе. Оно периодически наполняется водой и быстро теряет ее при прорывах через тоннели в леднике. Наблюдение с орбиты айсбергов, продуцируемых ледниками, позволяет оценивать его гидрологический режим

Полет советско-французского экипажа

Космическому полету советско-французского экипажа предшествовала большая и длительная подготовительная работа, которая велась как в Советском Союзе, так и во Франции. Научная программа полета стала естественным продолжением и развитием сотрудничества двух стран в космосе.

Она включала 14 экспериментов: 9 медико-биологических, 3 технологических и 2 астрофизических.

Научная аппаратура для них (ее вес — 242 кг) была доставлена на орбитальную станцию «Салют-7» автоматическим грузовым кораблем «Прогресс-13».

Советско-французский экипаж* в составе командира корабля летчика-космонавта СССР В. А. Джанибекова, бортинженера летчика-космонавта СССР А. С. Иванченкова и космонавта-исследователя гражданина Французской Республики Ж.-Л. Кретьена стартовал в космическом корабле «Союз Т-6» с космодрома Байконур 24 июня 1982 г.

На следующий день корабль осуществил стыковку с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Союз Т-5». 26 июня в 1 час ночи по московскому времени члены советско-французского экипажа перешли в помещение станции. После ужина и сна космонавты приступили к выполнению научной программы полета.

Первым был медицинский эксперимент «Браслет», в котором изучались возможности нормализации кровообращения в острый период адаптации и улучшения самочувствия космонавтов. Для этого использовались индивидуальные набедренные пережимные манжеты из эластичного упругого материала с фиксирующим поясом, надеваемым поверх полетного костюма. Манжеты обеспечивают депонирование крови в конечностях, уменьшая ее приток к верхней половине тела. В соответствии с индивидуальными ощущениями может быть осуществлена регулировка с помощью [illegible]ных ремней. Устройство надевается 30—60 мин до 5 раз в сутки. При нормализации самочувствия длительность сеансов и частота их проведения могут быть уменьшены.

Эксперимент «Поза» проводился с помощью аппаратуры, разработанной и изготовленной во Франции. Аппаратура включает платформу для фиксации стоп обследуемого, блок электроники, укладки с принадлежностями и позволяет записывать на цифровой магнитный регистратор биоэлектрическую активность основных мышц, участвующих в поддержании стабильного положения тела, и некоторые параметры, характеризующие перемещение тела при выполнении заданных движений.

Центральная нервная система, координируя работу мышц, использует информацию об ориентации в пространстве и перемещении отдельных частей тела, а также о действующих на них силах. Эта информация поступает из сенсорных систем: вестибулярной, зрительной, мышечно-суставной, кожной. В земных условиях сигналы от них, взаимно дополняя друг друга, позволяют человеку хорошо ориентироваться в пространстве и поддерживать нужное положение тела (позу).

В космическом полете, когда привычная сила тяжести отсутствует, возможно рассогласование упомянутых систем. От них приходит измененная, резко отличающаяся от обычной информация. Сведения о положении тела дает главным образом зрительный анализатор, т. е. роль зрения в пространственной ориентации человека и, следовательно, в управлении работой мышц резко возрастает.

Двигательной задачей в эксперименте был быстрый подъем руки в положении стоя. В выполнении движения участвуют мышцы не только руки, но и прежде всего ног. Причем активность их мышц зависит и от состояния зрительной системы. Такие исследования, проводимые в условиях различного зрительного контроля (нормальное, центральное, выключенное зрение) позволят дополнить результаты, полученные при изучении физиологии движений на Земле.

Цель эксперимента «Эхография» — изучение влияния факторов космического полета на кровоток в крупных питающих, в частности, головной мозг сосудах, исследование сердечного выброса, объемов сердца и сократительной функции миокарда в острый период адаптации, когда происходит основное перераспределение циркулирующей крови в верхней части тела.

Использовавшимся в эксперименте методом ультразвуковой эхолокации и доплерграфии сердца и магистральных сосудов оценивались возможные изменения основных показателей, характеризующих насосную и сократительную функцию сердца, скорость кровотока в крупных сосудах и их геометрические размеры.

Аппаратура «Эхограф» разработана французскими специалистами, профилактический комплект «Пневматик» (пережимные набедренные манжеты для перераспределения крови в нижних конечностях) — советскими. За время полета эксперимент проводился несколько раз как в состоянии покоя без комплекта, так и при физической нагрузке с его применением.

В экспериментах «Нептун» и «Марс» изучалось влияние условий космического полета на зрение человека. В первом исследовались глубинное зрение и разрешающая способность глаза при различных уровнях освещенности, во втором — цветовая контрастная чувствительность зрительного анализатора, характер и механизмы его утомления в полете.

В эксперименте «Анкета» продолжалось (ранее он проводился международными экипажами, совершавшими полеты по программе «Интеркосмос») изучение симптомов вестибулярных расстройств в полете и в реадаптационный период, а также выявлялась их связь с чувствительностью к вестибулярным раздражителям в предполетных условиях. Для этого был подготовлен специальный перечень вопросов, на которые космонавты должны были ответить до, во время и после полета.

Процессы «приживления» микрофлоры в организме нового хозяина в условиях «перекрестного» обмена между членами основной экспедиции и экспедиций посещения исследовались в эксперименте «Микробный обмен». Его цель — оценить санитарно-гигиеническую обстановку на станции при совместном пребывании там двух экспедиций. Уровень микробной обсемененности кожного покрова и верхних дыхательных путей определялся по мазкам, которые были помещены в пробирки с консервантом.

В эксперименте «Биоблок-3» исследовалось биологическое воздействие

---

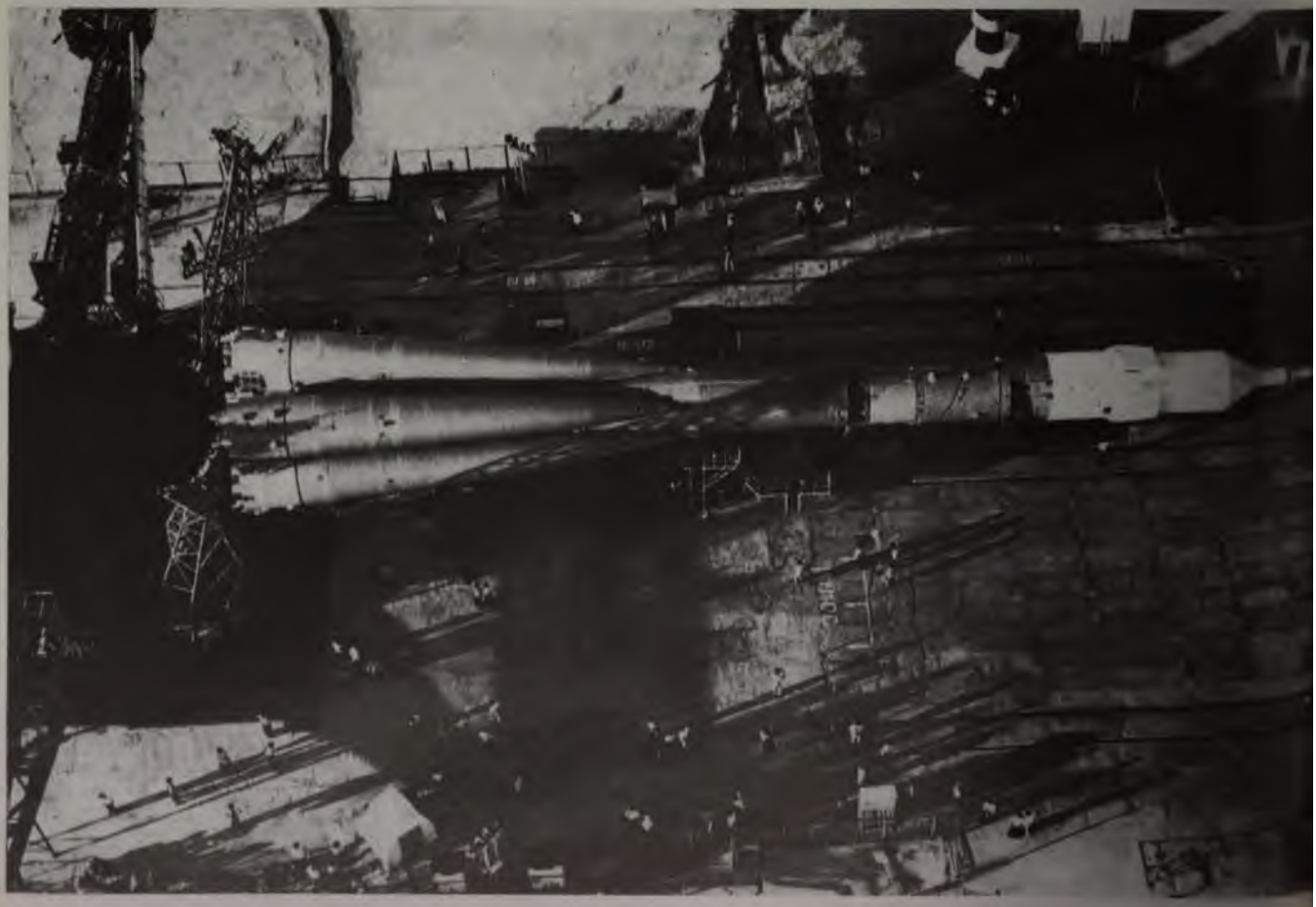
*[illegible]ющий экипаж — командир Л. Д. Кизим, борт-инженер В. А. Соловьев (СССР), космонавт-исследователь П. Бодри (Baudry, Фран-

В. А. Джанибеков, А. С. Иванченков и Ж.-Л. Кретьен во время медицинских тренировок

Ж.-Л. Кретьен и П. Бодри на космодроме Байконур

Монтажно-испытательный корпус Байконура — идет подготовка к полету советско-французского экипажа

Космическая ракета с кораблем «Союз Т-6» вывезена на старт



Передачу с борта станции «Салют-7» ведет Ж.-Л. Кретьен (справа); в Центре управления полетом с ним беседуют комментатор французского телевидения и П. Бодри (слева)

На орбитальном комплексе «Салют-7» — «Союз Т-5» — «Союз Т-6» (второй рабочий день советско-французской экспедиции посещения)

Французский прибор ПСН для фотографирования ночного неба на иллюминаторе станции «Салют-7»

Океан, освещенный Луной (орбитальная ночь). Видно свечение верхней атмосферы Земли на высоте около 80 км («Салют-7» — «Союз Т-5» — «Союз Т-6»)

Зодиакальный свет за несколько минут до орбитального восхода Солнца. Внизу — излучение верхних слоев земной атмосферы. В центре — планета Венера (самый яркий объект). Зодиакальный свет виден как выступ, поднимающийся в излучении внизу к Венере. Причудливая форма изображений планет и звезд объясняется длительной экспозицией («Салют-7» — «Союз Т-5» — «Союз Т-6»)

тяжелых заряженных частиц галактических космических лучей. Ионизация, возникающая при прохождении таких частиц через биологическую клетку, может нарушить ее структуру и вызвать в ней функциональные изменения.

Прибор «Биоблок-3» состоял из 6 отдельных блоков: 3 подготовили советские ученые, 3 — французские. В нем биологические объекты были размещены вместе с детекторами космических частиц, причем так, чтобы при обработке можно было бы определить, через какой объект конкретно прошла частица.

Обработка проводилась в лабораториях Советского Союза и Франции; возвращенные семена растений проращивались и сравнивались с контрольными образцами, которые не были в космосе.

Изменение свойств микроорганизмов под воздействием факторов космического полета, в частности невесомости, а также чувствительность этих объектов к различным антибиотикам изучались в эксперименте «Цитос-2», для которого французские специалисты изготовили термостат. Сведения, полученные в этом и подобных ему экспериментах, нужны для того, чтобы совершенствовать систему профилактических мер, а если понадобится, и лечить космонавтов непосредственно в полете.

В технологическом эксперименте «Калибровка» изучались тепловые характеристики печи установки «Кристалл — Магма Ф». Эти данные нужны для того, чтобы уточнить математическую модель теплового поля печи и определить конвективную составляющую теплопереноса в трубчатых печах, работающих в условиях замкнутых отсеков станций. Термический профиль печи измерялся в различных режимах ее работы, одновременно регистрировались ускорения, возникающие по осям станции.

Эксперимент «Диффузия» имел цель уточнить коэффициенты диффузии меди, контактирующей с расплавом свинца при различных температурах, и проводился на электронагревательной установке «Кристалл — Магма Ф». Капсулы с материалами подготовили французские специалисты. Сравнение результатов, полученных в космосе и на Земле, позволит оценить влияние локальной конвекции (в непосредственной близости от границы твердого тела) на перенос вещества в жидкой фазе, расширить наши знания о явлениях зародышеобразования, кристаллизации и спекания.

В эксперименте «Ликвация» исследовались структуры, получающиеся из измельченного индия в расплаве алюминия, и процессы кристаллизации несмешивающихся в обычных условиях жидких металлов при разных скоростях охлаждения. Интерес, проявляемый к эксперименту, связан с возможностями получать композиционные материалы нового класса, состоящие из элементов с существенно различными плотностями и температурами плавления.

Цель экспериментов «Пирамиг» и ПСН — получить информацию о земной атмосфере (эмиссионных слоях, полярных сияниях, серебристых облаках, молниях и т. д.), межпланетной среде (зодиакальный свет, противосияние и т. д.), галактических и внегалактических источниках (например, туманность Ориона, Магеллановы облака), а также о новых объектах, которые наблюдались в соответствующий период времени (кометы и т. д.).

В первом эксперименте использовалась французская фотографическая камера, работающая в видимой и близкой инфракрасной областях спектра; во втором — специальная аппаратура французского производства, устанавливаемая на иллюминаторе.

Полностью выполнив научную программу, В. А. Джанибеков, А. С. Иванченков, Ж.-Л. Кретьен 2 июля 1982 г. вернулись на Землю: спускаемый аппарат корабля «Союз Т-6» совершил мягкую посадку в 65 км северо-восточнее г. Аркалык.

Оценивая значение этого международного полета, Президент Академии наук СССР академик А. П. Александров в своем выступлении на пресс-конференции 7 июля 1982 г. подчеркнул, что он стал на данном этапе своеобразной вершиной, венчающей многолетние усилия, и с этой вершины ученые Советского Союза и Франции могут шире и дальше видеть перспективы нашего сотрудничества.

Спускаемый аппарат корабля «Союз Т-6» совершает посадку

В составе экипажа женщина-космонавт

19 августа 1982 г. в Советском Союзе был осуществлен запуск транспортного космического корабля «Союз Т-7» с экипажем: командир летчик-космонавт СССР Л. И. Попов, бортинженер А. А. Серебров и космонавт-исследователь С. Е. Савицкая.

20 августа 1982 г. корабль состыковался с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Союз Т-5», на борту которого с 14 мая работала основная экспедиция — космонавты А. Н. Березовой и В. В. Лебедев.

Научная программа полета включала медико-биологические, технологические, астрофизические и технические эксперименты, а также наблюдения и фотографирование земной поверхности и Мирового океана в интересах различных отраслей народного хозяйства — в общей сложности более 20 различных исследований и экспериментов.

Работа краткосрочной экспедиции на борту станции «Салют-7» началась с контрольных медицинских обследований. В частности, у С. Е. Савицкой исследовалась чувствительность вестибулярного аппарата в период адаптации к состоянию невесомости, а также биоэлектрическая активность сердца при выполнении физических упражнений на велоэргометре. Л. И. Попов и А. А. Серебров выполнили эксперимент «Эхограф». В нем определялись показатели сердечно-сосудистой системы ультразвуковым методом с применением профилактического устройства «Пневматик», способствующего нормализации кровообращения в условиях невесомости; оценивалось взаимодействие органов чувств и двигательной системы, обеспечивающее пространственную ориентацию и координацию движений.

Анализ полученной научной информации не выявил существенных различий в реакциях организмов женщины и мужчины на воздействие факторов космического полета.

Впервые на орбитальной станции был выполнен биотехнологический эксперимент «Таврия». В нем отрабатывались методы получения в невесомости сверхчистых биологически активных веществ: ферментов, гормонов, антибиотиков. Изучавшиеся процессы — разделение смесей тканевых клеток и получение высокочистых веществ с помощью электрофореза — контролировались экипажем и регистрировались с помощью кинокамеры, видеомагнитофона и голографической установки. В условиях невесомости, как показали полученные

Л. И. Попов, А. А. Серебров и С. Е. Савицкая во время занятий в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина

данные, скорость разделения веществ увеличивается, а степень очистки многократно повышается.

В астрофизических и геофизических экспериментах использовалась советская, чехословацкая и французская аппаратура. С помощью приборов «Пирамиг» и ПСН (Франция) было

Л. И. Попов, А. А. Серебров и С. Е. Савицкая перед стартом на космодроме Байконур

С. Е. Савицкая на борту станции «Салют-7»

В. В. Лебедев, А. А. Серебров и С. Е. Савицкая готовятся к проведению на борту станции эксперимента «Таврия»

В. В. Лебедев и С. Е. Савицкая демонтируют аппаратуру МКФ-6М перед установкой фотокамеры «Пирамиг» в рабочем отсеке станции

продолжено изучение земной атмосферы, межпланетной среды, галактических и внегалактических источников излучения. Электронным фотометром ЭФО-1 (ЧССР) определялась плотность аэрозольных слоев в атмосфере.

В технических экспериментах изучались динамические и прочностные характеристики системы «корабль—станция—корабль», состояние иллюминаторов, параметры атмосферы в отсеках станции, состав атмосферы, окружающей орбитальный комплекс; отрабатывались методы космической навигации.

Завершив программу исследований, Л. И. Попов, А. А. Серебров и С. Е. Савицкая 27 августа 1982 г. возвратились на Землю: спускаемый аппарат корабля «Союз Т-5» совершил посадку в 70 км северо-восточнее г. Аркалык.

В космосе впервые работала экспедиция, в состав которой входила женщина. С. Е. Савицкая стала второй

● В. В. Терешковой женщиной, ршившей космический полет.

ународное сотрудничество

2 г. состоялся полет советско-зского международного эки-а орбитальной научной станции т-7»*.

должались работы по проекту ра—Галлей», цель которого — дование в 1985—1986 гг. плане-еры и кометы Галлея. В них вают участие ученые и специа-ы СССР, НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, Р, Франции, Австрии, ФРГ.

сентябре 1982 г. в Центре подго-ки космонавтов им. Ю. А. Гагари-ступили к занятиям и тренировочные, близкие к полярным орбиты высотой 800—1000 км советские и американские спутники, связанные с наземными спасательными службами. Орбиты выбираются так, чтобы спутники могли «прослушивать» практически всю поверхность планеты. В случае катастрофы любого судна или самолета, оснащенных аварийными радиобуями, они будут через каждые 50 с передавать кодированный сигнал бедствия. Спутник-спасатель, принявший этот сигнал, передаст его ближайшему наземному пункту спасательной службы, а также сообщит координаты терпящего бедствие транспортного средства (с точностью до 2—4 км).

30 июня 1982 г. в Советском Союзе

Прием панорамы поверхности Венеры со спускаемого аппарата станции «Венера» в Центре управления полетом

Грунтозаборное устройство, установленное на спускаемых аппаратах станций «Венера-13» и «Венера-14» (Завод межпланетных автоматических станций)

два кандидата в космонавты из ии — Р. Малхотра (*Malhotra*) и Шарма (*Sharma*). Один из них в таве советско-индийского между-одного экипажа примет участие в ическом полете на советском ическом корабле и орбитальной нции.

овместно с США, Францией и адой продолжалось сотрудничество по созданию международной системы поиска, обнаружения и спасения потерпевших бедствие людей с ющью искусственных спутников ли (проект КОСПАС—САРСАТ). стему КОСПАС («Космическая система поиска аварийных судов и олетов») разрабатывает Советский Союз, систему САРСАТ («*Search Rescue Satellites*» — «Поиск и сение с помощью спутников») — А при участии Франции и Канады планируется вывести на околозем-

См. выше: «Полет советско-франского экипажа». — *Ред.*

был запущен спутник «Космос-1383», предназначенный для проведения международных испытаний всех средств системы КОСПАС—САРСАТ. Он был выведен на приполярную орбиту: высота — около 1000 км, наклонение — 83° и период обращения — 105,4 мин.

Испытания показали, что система, включающая советский спутник «Космос-1383», способна с высокой эффективностью проводить поисково-спасательные операции не только в смоделированных, но и в реальных условиях: в сентябре—декабре 1982 г. с помощью спутника были определены координаты трех авиационных и двух морских катастроф. В результате оперативного вмешательства соответствующих служб спасены граждане Великобритании, Канады и США.

Новое о Венере

1 и 5 марта 1982 г. советские автоматические межпланетные станции «Венера-13» и «Венера-14», запущенные 30 октября и 4 ноября 1981 г., достигли планеты Венера, их спускаемые аппараты вошли в ее атмосферу и совершили мягкую посадку на ее поверхность*.

Для выполнения научной программы на каждой станции было установлено по 14 приборов. Исследования были направлены на изучение структуры и динамики атмосферы, ее химического состава, характеристик аэрозольной среды, структуры и состава облачного слоя, химического состава и физических характеристик поверхностного грунта, строения поверхности по панорамам. Была предпринята также попытка зарегистрировать сейсмические явления на Венере. В результате решения всех этих задач была получена большая и важная информация.

Почти все приборы для изучения атмосферы начали работать еще во время снижения (на высоте около 60 км), когда раскрылись парашюты и спускаемые аппараты освободились

* См. ежегодник «Наука и человечество. 1983» (с. 314—315). — *Ред.*

от верхних и нижних защитных полусфер. Снижение длилось около 1 ч. Функционирование после посадки продолжалось у «Венеры-13» 2 ч 7 мин и у «Венеры-14» — около 1 ч.

До раскрытия парашютов информацию о вертикальном распределении давления и температуры давали датчики перегрузок, возникающих при торможении аппаратов в атмосфере и превышающих в 140—150 раз ускорение земного тяготения. Зная зависимость перегрузок от времени и используя уравнения аэродинамики, можно найти зависимость температуры и давления от высоты в интервале примерно от 110 до 65 км. Далее измерения проводились уже при помощи специальных термометров и барометрических датчиков.

На высотах 90 и 75 км температуры составили около 175 и 225 К, давление — соответственно 0,0005 и 0,015 атм.

Главная динамическая особенность атмосферы Венеры — большая и, в первом приближении, постоянная скорость ветра на высотах 50—60 км: 50—80 м/с. В нижних слоях она постепенно уменьшается, и вблизи поверхности ее значение — всего 1 м/с. Ветер дует в том же направлении, в каком вращается планета. В результате период вращения атмосферы на высотах 50—60 км составляет 4—5 земных суток, тогда как твердого тела планеты — около 243. Важный для понимания этого явления результат получен с помощью оптических спектрофотометров, которые показали, что значительная часть (около 80%) солнечного излучения поглощается как раз на этих высотах.

Химический состав атмосферы определялся масс-спектрометром, газовыми хроматографами и оптическими спектрофотометрами. Кроме того, содержание водяного пара анализировалось влагометрами. Что же показали эти приборы?

Содержание изотопов четырех инертных газов — неона, аргона, криптона, ксенона — очень мало: от стотысячных до сотых долей процента. Эта информация поможет «отбраковывать» те или иные «сценарии», по которым могло проходить формирование атмосферы, поскольку большинство изотопов инертных газов относится к числу реликтовых, т. е. сохранившихся без изменений со времени образования атмосферы.

Было измерено содержание основных компонентов атмосферы — углекислого газа и азота — и ряда малых ее составляющих: кислорода (0,002%), водорода (0,003% на высоте 50 км), сероводорода (0,008% на высоте 30 км), сероокиси углерода, галогенсодержащих соединений и, наконец, водяного пара (0,1—0,2% на высоте 45—50 км и 0,001—0,002% около поверхности).

Физические характеристики аэрозольных частиц в атмосфере и структура облачного слоя исследовались с помощью оптических спектрофотометров, нефелометров, рентгеновских флюоресцентных спектрометров и приборов «Гроза».

Четко зарегистрирована основная трехслойная структура облаков, впервые обнаруженная по нефелометрическим измерениям на «Венере-9 и -10». Толщина облаков — свыше 15 км, их нижняя граница лежит на высоте 48—49 км. Примерно на 1 км ниже обнаружен тонкий облачный слой толщиной не более 0,5 км — важное для понимания механизма формирования венерианских облаков и во многом загадочное открытие. Еще ниже, вплоть до высоты 35—40 км, простирается подоблачная дымка.

Освещенность на нижней границе облаков составляла 35 и 50% от ее значения вне атмосферы. Высокий уровень освещенности означает, что они рассеивают солнечный свет в видимом диапазоне, но не поглощают его.

Основные компоненты аэрозолей в облачном слое — серосодержащие и хлорсодержащие соединения.

Определение элементного состава пород, слагающих поверхность Венеры, рентгенорадиометрическим методом — принципиально новая и технически очень сложная задача, и она впервые в практике мировой космонавтики была успешно решена.

В местах посадки были проведены бурение грунта, взятие пробы и ее транспортировка в герметичный отсек для рентгенофлюоресцентного анализа, где давление было снижено примерно в 2 тыс. раз, а температура поддерживалась на уровне около 30° С. Пробы облучались альфа-частицами и рентгеновскими лучами от радиоизотопных источников. Возбужденное при этом флюоресцентное излучение элементов, содержащихся в породе, регистрировали газоразрядные детекторы.

Было получено 40 спектров флюоресцентного излучения от «Венеры-

Цветное панорамное изображение (первый телефотометр) и цветной фрагмент панорамы (второй телефотометр) поверхности Венеры, полученные со спускаемого аппарата станции «Венера-13»

Цветное панорамное изображение поверхности Венеры, переданное с борта спускаемого аппарата станции «Венера-14»

13» и 20 — от «Венеры-14». В результате определено содержание основных породообразующих элементов: магния, алюминия, кремния, калия, кальция, титана, марганца и железа, которые в сумме составляют более 95% массы породы.

В районе посадки «Венеры-13» залегает порода, которая классифицируется как претерпевший химическое выветривание калиевый (лейцитовый) щелочной базальт. Этот тип базальтоидов на Земле встречается довольно редко, главным образом в Средиземноморской вулканической провинции.

Состав породы в районе посадки «Венеры-14» соответствует широко распространенным на Земле океаническим толеитовым базальтам.

Наконец, были получены цветные панорамы поверхности в местах посадок. Панорамные изображения весьма эффективны для исследования структуры поверхности, ее морфологических свойств и путей формирования. Цвет расширяет возможности такого анализа. В сочетании с показаниями других приборов анализ панорам позволил более широко и глубоко оценить достоверность проведенных измерений, возможность распространения их результатов на соседние участки поверхности и другие районы планеты.

Полет станций «Венера-13» и «Венера-14» позволил ответить на многие вопросы, интересовавшие ученых, одновременно появились новые проблемы, требующие своего решения.

«Юниспейс-82»

Вторая Конференция ООН по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях («Юниспейс-82») состоялась в Вене (Австрия) в августе 1982 г.

За время, прошедшее после первой конференции (1968 г.), в этой области человеческой деятельности получено огромное количество новых результатов, которые значительно изменили наши представления о Земле, околоземном пространстве и окружающей нас Вселенной. Космическая техника все шире используется непосредственно для хозяйственных нужд (исследование земных ресурсов, метеорология, связь, навигационные спутники).

Бурный прогресс этого направления вызвал необходимость рассмотреть на уровне ООН ряд вопросов, в решении которых заинтересованы многие страны, понять, чем мы сегодня располагаем, каковы реальные возможности использовать преимущества космической техники различными странами, в первую очередь развивающимися, как могут здесь помочь программы существующих космических организаций, двустороннего и многостороннего сотрудничества.

Вопрос об организации междуна-

от верхних и нижних защитных полусфер. Снижение длилось около 1 ч. Функционирование после посадки продолжалось у «Венеры-13» 2 ч 7 мин и у «Венеры-14» — около 1 ч.

До раскрытия парашютов информацию о вертикальном распределении давления и температуры давали датчики перегрузок, возникающих при торможении аппаратов в атмосфере и превышающих в 140—150 раз ускорение земного тяготения. Зная зависимость перегрузок от времени и используя уравнения аэродинамики, можно найти зависимость температуры и давления от высоты в интервале примерно от 110 до 65 км. Далее измерения проводились уже при помощи специальных термометров и барометрических датчиков.

На высотах 90 и 75 км температуры составили около 175 и 225 К, давление — соответственно 0,0005 и 0,015 атм.

Главная динамическая особенность атмосферы Венеры — большая и, в первом приближении, постоянная скорость ветра на высотах 50—60 км: 50—80 м/с. В нижних слоях она постепенно уменьшается, и вблизи поверхности ее значение — всего 1 м/с. Ветер дует в том же направлении, в каком вращается планета. В результате период вращения атмосферы на высотах 50—60 км составляет 4—5 земных суток, тогда как твердого тела планеты — около 243. Важный для понимания этого явления результат получен с помощью оптических спектрофотометров, которые показали, что значительная часть (около 80%) солнечного излучения поглощается как раз на этих высотах.

Химический состав атмосферы определялся масс-спектрометром, газовыми хроматографами и оптическими спектрофотометрами. Кроме того, содержание водяного пара анализировалось влагометрами. Что же показали эти приборы?

Содержание изотопов четырех инертных газов — неона, аргона, криптона, ксенона — очень мало: от стотысячных до сотых долей процента. Эта информация поможет «отбраковывать» те или иные «сценарии», по которым могло проходить формирование атмосферы, поскольку большинство изотопов инертных газов относится к числу реликтовых, т. е. сохранившихся без изменений со времени образования атмосферы.

Было измерено содержание основных компонентов атмосферы — углекислого газа и азота — и ряда малых ее составляющих: кислорода (0,002%), водорода (0,003% на высоте 50 км), сероводорода (0,008% на высоте 30 км), сероокиси углерода, галогенсодержащих соединений и, наконец, водяного пара (0,1—0,2% на высоте 45—50 км и 0,001—0,002% около поверхности).

Физические характеристики аэрозольных частиц в атмосфере и структура облачного слоя исследовались с помощью оптических спектрофотометров, нефелометров, рентгеновских флюоресцентных спектрометров и приборов «Гроза».

Четко зарегистрирована основная трехслойная структура облаков, впервые обнаруженная по нефелометрическим измерениям на «Венере-9 и -10». Толщина облаков — свыше 15 км, их нижняя граница лежит на высоте 48—49 км. Примерно на 1 км ниже обнаружен тонкий облачный слой толщиной не более 0,5 км — важное для понимания механизма формирования венерианских облаков и во многом загадочное открытие. Еще ниже, вплоть до высоты 35—40 км, простирается подоблачная дымка.

Освещенность на нижней границе облаков составляла 35 и 50% от ее значения вне атмосферы. Высокий уровень освещенности означает, что они рассеивают солнечный свет в видимом диапазоне, но не поглощают его.

Цветное панорамное изображение (первый телефотометр) и цветной фрагмент панорамы (второй телефотометр) поверхности Венеры,

Основные компонент
облачном слое — серс
хлорсодержащие соед

Определение элеме
пород, слагающих пов
ры, рентгенорадиометр
дом — принципиальнс
нически очень сложна
впервые в практике м
навтики была успешно

В местах посадки бы
бурение грунта, взяти
транспортировка в гер
для рентгенофлюоресц
за, где давление было
мерно в 2 тыс. раз,
поддерживалась на
30° С. Пробы облучал
стицами и рентгеновс
радиоизотопных исто
жденное при этом фл
излучение элементов,
в породе, регистрирова
ные детекторы.

Было получено 40 с
оресцентного излучени

*полученные со спуска
парата станции «Вене*

Плакат, посвященный конференции «Юниспейс-82» (первый приз на конкурсе). Автор — Джеффри Кимани Гату (Кения)

родной конференции типа «Юниспейс-82» обсуждался неоднократно на заседаниях Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях. Соответствующее решение было принято Генеральной Ассамблеей ООН в 1979 г.

При ООН был создан международный организационный Секретариат конференции (генеральный секретарь, три его заместителя*, три старших консультанта и небольшой обслуживающий персонал), который приступил к работе в 1981 г.

Опираясь на помощь более 200 ученых из разных стран, при содействии Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР) и Международной астронавтической федерации (МАФ) Секретариат подготовил 12 справочных документов, которые содержат информацию, необходимую для работы конференции. Их темы: состояние космической науки и перспективы ее развития, обзор и перспективная оценка космической техники, исследование земных ресурсов и окружающей среды, влияние космической деятельности на окружающую среду и космическое пространство, совместимость и взаимодополняемость спутниковых систем, технико-экономическое обоснование и планирование спутниковых систем для передачи учебных программ, эффективное использование геостационарной орбиты, связь космической деятельности с экономическим и социальным развитием, подготовка и обучение пользователей космической техники, многостороннее межправительственное сотрудничество в исследовании космического пространства, роль Организации Объединенных Наций и неправительственных организаций в исследовании космического пространства в мирных целях.

Для того чтобы лучше познакомить развивающиеся страны с программой «Юниспейс-82» и оказать им содействие в выработке своей позиции по проблемам повестки дня, в 1981—1982 гг. были организованы региональные и межрегиональные семинары. Межрегиональные семинары прошли в Тулузе (Франция) и Оттаве (Канада); региональные для Африки (два) — в Аддис-Абебе (Эфиопия), для Латинской Америки — в Буэнос-Айресе (Аргентина) и Кито (Эквадор), для Азии — в Джакарте (Индонезия).

В мае 1982 г. в Канаде КОСПАР совместно с Секретариатом организовали специальный симпозиум, посвященный роли космической науки и техники для развивающихся стран. Непосредственно перед конференцией в Вене прошел симпозиум КОСПАР и МАФ, рассмотревший современное состояние космической науки, а в период ее проведения там же состоялся международный астрономический семинар по наиболее актуальным проблемам астрономии.

Во время подготовки конференции было объявлено три международных конкурса: на лучшие марку и плакат, связанные с тематикой «Юниспейс-82», и на лучшее школьное сочинение на тему «Что может дать исследование космоса миру и моей стране». Первый приз получил плакат Джеффри Кимани Гату (*Geoffrey Kimani Gatu*, Кения), ставший эмблемой конференции.

Начиная с января 1982 г. в здании ООН в Нью-Йорке были последовательно проведены выставки 6 стран на тему: «Использование космических исследований для решения земных проблем». В июне с большим успехом прошла выставка СССР.

Во время конференции в Вене 25 стран показали свои достижения в исследовании космического пространства в мирных целях. Подобная многонациональная экспозиция была развернута впервые. Она пользовалась огромной популярностью у жителей и гостей Вены.

В Секретариат было представлено более 60 национальных докладов. Все приславшие их страны по мере возможностей участвуют в тех или иных проектах по исследованию космоса или использованию космической техники.

Конференцию «Юниспейс-82» открыл генеральный секретарь ООН Х. Перес де Куэльяр (*Pérez de Cuéllar*). На первом пленарном заседании с приветствием выступил федеральный президент Австрийской Республики Р. Кирхшлегер (*Kirchschlaeger*).

Председателем конференции был избран министр иностранных дел Австрии В. Пар (*Pahr*), ее репортером (главный докладчик) — К. А. Б. Буэно (*Bueno*, Бразилия).

На последующих пленарных заседаниях были заслушаны послания глав государств и выступления руководителей делегаций.

Дискуссия на конференции в основном разворачивалась вокруг трех

Первое пленарное заседание конференции «Юниспейс-82» в венском дворце Хофбург

* Одним из заместителей был представитель СССР — доктор физико-математических наук А. Г. Масевич. — *Ред.*

главных тем: состояние и перспективы развития космической науки и техники, использование космической техники для нужд человечества, международное сотрудничество и роль ООН в этой области.

Сообразно с этим были созданы три комитета, в которых была сосредоточена основная работа конференции и на заседаниях которых обсуждались соответствующие разделы проекта ее Основного документа. Их председателями были избраны Р. Кнут (*Knuth*, ГДР), М. Ода (*Oda*, Япония) и Д. К. Андере (*Andere*, Кения).

Как в национальных докладах, так и в рабочих сообщениях подчеркивалось, что участие в космических исследованиях уже приносит или в самое ближайшее время начнет приносить ощутимую пользу соответствующей стране.

Было сделано много ценных предложений, касающихся направленности развития космической техники, продолжительности отдельных программ, обучения специалистов на местах, регионального сотрудничества, роли ООН в координации космических исследований.

На заключительном пленарном заседании был принят Основной документ конференции. В нем характеризуются современное состояние космической науки, перспективы ее развития и применения ее результатов в мирных целях на благо человечества, предлагается ряд мер, которые должны позволить развивающимся странам лучше использовать преимущества космической техники, содержатся рекомендации ООН по координации международного сотрудничества в области исследования космоса.

На конференции были прочитаны три вечерние лекции: «Космические полеты — действительность и воображение» (А. Кларк — *Clarke*, Шри-Ланка), «Исследование Солнечной системы — прошлое и будущее» (К. Саган — *Sagan*, США) и «Человек в космосе» (О. Г. Газенко, СССР).

Секретариату совместно с рядом стран и международных организаций удалось наглядно и убедительно продемонстрировать возможности космической техники непосредственно на конференции: ее участники на большом (4×5 м) экране в зале пленарных заседаний могли наблюдать в реальном времени выступления ряда глав государств, пресс-конференцию экипажа советской орбитальной станции «Салют-7», ретранслировавшиеся спутниками связи. Аналогичным образом они смогли увидеть, как с помощью тех же средств передаются образовательные программы в отдаленную деревню Индии, проводятся научные консультации по экологии между двумя индонезийскими университетами, оказывается медицинская помощь жителям отдаленных поселков в Канаде. Все документы конференции передавались через спутники в Нью-Йорк, там переводились на рабочие языки ООН, и уже на следующее утро распространялись на ней (использовалась разница во времени между Нью-Йорком и Веной). На первых пленарных заседаниях синхронный перевод (переводчики находились в здании ООН в Нью-Йорке) осуществлялся также через спутник. Кроме того, присутствовавшие на конференции могли получить информацию о метеорологической обстановке, последних новостях и пр. в своей стране. Для этого были установлены специальные видеоэкраны. Всего для ретрансляции использовалось 18 спутников и 39 наземных станций в различных точках земного шара.

Конференция прошла в целом успешно, несмотря на подчас бурный характер дискуссий, были приняты согласованные решения. Отрадно отметить, что мирное использование космоса было лейтмотивом всей ее работы.

XXXIII конгресс МАФ

С 26 сентября по 2 октября 1982 г. в Париже состоялся XXXIII конгресс Международной астронавтической федерации (МАФ). Около 1000 ученых и специалистов представляли на нем 37 стран. Советскую делегацию возглавлял вице-президент АН СССР, председатель Совета «Интеркосмос» академик В. А. Котельников. В работе конгресса участвовали основной и дублирующий советско-французские экипажи: В. А. Джанибеков, А. С. Иванченков и Ж.-Л. Кретьен; Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и П. Бодри; летчик-космонавт СССР А. С. Елисеев, летчик-космонавт ГДР З. Йен (*Jähn*), летчик-космонавт НРБ Г. Иванов, летчик-космонавт ВНР Б. Фаркаш (*Farkas*), американский астронавт Ч. Фуллертон (*Fullerton*).

Девиз конгресса — «Космос в 2000 году». Он проходил накануне 25-летия запуска первого искусственного спутника Земли, с которым связывают начало космической эры в истории человечества. Оценке итогов и обсуждению перспектив освоения космоса был посвящен специальный форум, на котором выступили академик В. А. Котельников, президент Национального центра космических исследований Франции профессор Ю. Кюрьен (*Curien*), генеральный директор Европейского космического агентства Э. Квистгаард (*Quistgaard*), доктор И. Бики (*Bekey*) из Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США.

По мнению академика В. А. Котельникова, темпы освоения космоса в практических и научных целях в ближайшие десятилетия не уменьшатся, и к концу века мы будем свидетелями новых больших достижений в этой области. Он также подчеркнул, что на прошедшей в Вене в августе 1982 г. конференции «Юниспейс-82»* (ООН) почти все делегации выразили тревогу по поводу возможной милитаризации космоса, настойчиво требовали, чтобы оружие не выводилось на космические орбиты.

Ю. Кюрьен и Э. Квистгаард говорили об особой роли международного сотрудничества в космических исследованиях, особенно во всемирном масштабе, о важном значении и перспективности таких прикладных направлений, как спутниковая связь и изучение природных ресурсов Земли из космоса. Ю. Кюрьен, обратив внимание на повышенный интерес к практическим результатам космических исследований и проникновение космонавтики во многие сферы человеческой деятельности (по его оценке, в настоящее время с изучением и освоением космического пространства непосредственно связано около 1 млн. человек), в качестве принципиальных задач, которые необходимо решить в ближайшие десятилетия, выдвинул следующие:

сократить стоимость космических исследований;

создать такие условия, которые позволили бы не проводить тщательного отбора и подготовки космонавтов, совершить космический полет любому человеку;

ориентироваться на «небольшие структуры», т. е. перейти к небольшим экономичным проектам, что дало бы возможность малым странам участвовать в их реализации.

На специальных заседаниях обсуждались основные достижения и события в космонавтике за прошедший после предыдущего конгресса год. Одно из таких заседаний было посвящено предварительным результатам, полученным на советских межпланетных автоматических станциях «Венера-13» и «Венера-14» и орбитальной научной станции «Салют-7» (о ней был показан кинофильм), другое — полету советско-французского экипажа.

Работа конгресса проходила в семи секциях (астродинамика, техника и проектирование космических аппаратов, двигатели, материалы и конструкции, космос и проблемы образования, влияние космической деятельности на человечество, развитие промышленности и космическая техника), было проведено девять симпозиумов (транспортные системы, спутники связи, наблюдения Земли и окружающей среды из космоса, экономика и эффективность космических исследований, история астронавтики и т. д.), коллоквиум по космическому праву, два специальных заседания по проблемам поиска внеземных цивилизаций и получения энергии из космоса.

---

* См. выше: «Юниспейс-82». — Ред.

Химия

Химическая фиксация молекулярного азота

Государственная премия СССР 1982 года присуждена группе ученых Института элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова АН СССР и Института химической физики АН СССР во главе с членами-корреспондентами АН СССР М. Е. Вольпиным и А. Е. Шиловым за цикл опубликованных в 1964—1980 гг. работ «Химическая фиксация молекулярного азота соединениями переходных металлов».

Характерная особенность азота — малая химическая активность, которая объясняется прежде всего строением его молекулы. Как и у большинства газов (кроме инертных), молекула азота состоит из двух атомов, которые связаны между собой тремя ковалентными связями. Молекула азота очень устойчива.

Соединения азота (азотные удобрения, красители, аммиак, азотная кислота и др.) имеют громадное значение для многих отраслей народного хозяйства и являются одними из самых массовых продуктов химической промышленности. Поэтому процесс фиксации, или связывания молекулярного азота, заключающийся в полном или частичном разрыве тройной связи между атомами его молекулы, важен как в теоретическом, так и в практическом отношении. Существующие промышленные методы получения азотсодержащих соединений основаны на жестких воздействиях на молекулу азота и требуют, как правило, больших энергетических затрат (высокие температуры и давления) и присутствия катализатора. В то же время находящийся в атмосфере молекулярный азот может усваиваться так называемыми азотфиксирующими микроорганизмами (клубеньковые бактерии, актиномицеты, дрожжи, грибы и сине-зеленые водоросли), обитающими в почвах, пресных водоемах, морях и океанах. Таким образом, сам факт биологической фиксации азота указывает на принципиальную возможность связывания азота в мягких условиях (при обычной температуре и атмосферном давлении).

Первый шаг на пути решения этой задачи был сделан в 1964 г., когда М. Е.Вольпин и кандидат химических наук В. Б. Шур открыли реакцию восстановления азота в эфирных и углеводородных средах в присутствии соединений переходных металлов, т. е. металлов, способных менять свою валентность (титан, ванадий, хром, молибден, вольфрам, железо и др.). Восстановителями в этой реакции могут быть свободные металлы (литий, магний), гидриды металлов или металлоорганические соединения. Азот в большинстве случаев восстанавливается до нитридов, которые при последующем гидролизе образуют аммиак. Иногда восстановление с большой скоростью происходит уже при комнатной температуре и атмосферном давлении.

Открытую учеными реакцию можно рассматривать как промежуточное звено между известными реакциями азота с металлами (с образованием нитридов) и биологической азотфиксацией. С одной стороны, восстановители все еще очень сильны, реакция приводит к образованию нитридов, и ее нельзя осуществить ни в водной среде, ни в присутствии кислорода. Однако, с другой стороны, способность соединений переходных металлов активировать молекулярный азот в мягких условиях сближает эту реакцию с биологической фиксацией азота.

Позднее было найдено много систем, способных восстанавливать азот в апротонных средах (т. е. не содержащих протонов) с участием многих соединений различных переходных металлов и восстановителей, а также при разных условиях реакции. Это свидетельствовало о том, что механизм процесса не мог быть одинаковым. Участие сильных восстановителей и одновременно соединений переходных металлов давало основание предположить, что азот активируется соединениями переходных металлов в низких степенях окисления. Эта активация должна включать комплексообразование азота с атомом металла, однако конкретный механизм оставался неизвестным до тех пор, пока не были изучены промежуточные комплексы азота.

В 1966 г. А. Е. Шилов открыл реакцию образования комплексных соединений азота при взаимодействии молекулярного азота с соединениями рутения. Позднее были синтезированы стабильные моно- и биядерные комплексы азота, однако восстановить в них азот действием известных реагентов не удавалось. В 1969 г. А. Е. Шилов впервые получил комплексы, в которых азотный лиганд* способен претерпевать дальнейшие восстановительные превращения. Работы по синтезу и изучению строения этих комплексов проводились параллельно с исследованиями биологической фиксации азота — единственной известной тогда реакции восстановления азота с участием протонов воды.

В результате было установлено, что выделенная из микроорганизмов нитрогеназа — фермент, ответственный за биологическую азотфиксацию представляет собой комбинацию двух белков, один из которых (MoFe-протеин) содержит молибден, железо, сульфидные и сульфгидрильные группы, а второй (Fe-протеин) содержит два атома железа и также сульфидные и сульфгидрильные группы. Реакция

---

* Комплексными называют соединения сложного строения, имеющие так называемую внутреннюю сферу, которая состоит из комплексообразователя — центрального атома (чаще всего металла) и связанных с ним молекул или ионов — лигандов. — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

Русский ученый Д. И. Менделеев на специально разработанной аппаратуре изучал отклонение реальных газов от закона Бойля—Мариотта при малых давлениях.

Французский физик Э. Бути установил, что если равные весовые количества аналогичных солей, например хлористого и бромистого калия, растворить в одинаковых количествах воды, то омическое сопротивление этих растворов окажется пропорциональным молекулярному весу растворенных солей.

Польский физик З. Вроблевский применил для измерения низких температур термопару из меди и нейзильбера. Используя кипящий кислород в качестве охладителя, он получил жидкие азот и окись углерода.

Французский физик и химик Ф. Рауль (впоследствии иностранный член Петербургской Академии наук), исследуя физико-химические свойства растворов, установил закон, гласящий, что повышение температуры кипения или понижение температуры замерзания раствора пропорционально концентрации растворенного вещества. Этот и другие законы Рауля позволили обосновать эбулио- и криоскопические методы определения молекулярного веса.

восстановления азота в условиях выделенного фермента требует присутствия источника энергии — аденозинтрифосфата (АТФ) и восстановителя (молекулярный водород, гидросульфит или дитионид натрия). Все три нитрогеназные реакции (гидролиз АТФ, выделение водорода и восстановление азота) возможны только в присутствии обоих компонентов фермента.

Основываясь на теоретических представлениях и результатах исследования механизма биологической азотфиксации, А. Е. Шилову удалось в 1970 г. открыть системы, восстанавливающие азот до гидразина и аммиака в водных и водно-спиртовых щелочных средах. Так впервые увенчались успехом попытки восстановить азот в протонных средах. Для активации азота использовали соединения молибдена, а в качестве восстановителей были выбраны соединения трехвалентного титана, двухвалентного хрома, двухвалентного ванадия, которые, подобно ферментной системе, выделяют водород из воды. Как и при биологическом восстановлении азота, только ванадий способен заменить молибден с сохранением каталитической активности. Учитывая, что соли двухвалентного ванадия обладают достаточным потенциалом для восстановления азота до гидразина, можно было ожидать, что в присутствии двухвалентного ванадия азот будет претерпевать эти превращения без дополнительного восстановителя и активатора. Это предположение было экспериментально подтверждено: оказалось, что в щелочных средах соединения двухвалентного ванадия могут с большой скоростью превращать азот в гидразин и аммиак уже при комнатной температуре и атмосферном давлении. При этом азот фиксируется непосредственно из воздуха, т. е. в присутствии значительного количества кислорода.

Дальнейшие исследования систем, восстанавливающих азот в протонных средах, позволили выяснить механизм химической фиксации азота. В общих чертах он сводится к первоначальному образованию нестабильного биядерного комплекса, содержащего два атома металла (молибдена или ванадия) на молекулу азота, и последующему переносу восстановителем двух электронов на активированный таким образом азот. В результате этого происходит разрыв связи между атомами азота и образование производного гидразина.

Открытие прямого комплексообразования и химических превращений молекулярного азота в комплексах переходных металлов внесло существенный вклад в низкотемпературную химию азота, коренным образом изменив представления о его реакционной способности в мягких условиях. Процесс восстановления молекулярного азота в протонных средах является несомненной химической моделью ферментативной азотфиксации. Поэтому дальнейший прогресс в понимании тонких механизмов биохимических процессов в азотфиксирующих микроорганизмах связан именно с изучением небиологических моделей, где постановка этих исследований проще и строже, чем в случае биологических систем.

Открытие химической фиксации молекулярного азота соединениями переходных металлов позволяет осуществить ряд новых реакций, представляющих принципиальный интерес. В то же время на этой основе могут быть разработаны эффективные каталитические системы для процессов, имеющих практическое значение.

Физическая химия металлургических расплавов

Урал — традиционный центр не только «большой» металлургии, но и металлургической науки. Именно здесь в 50-х годах под руководством доктора технических наук профессора О. А. Есина были начаты систематические работы по изучению строения и свойств жидких металлов, шлаков и границ их раздела, которые позднее сформировались в новое научное направление — физическую химию металлургических расплавов. Уральскими учеными были изучены десятки чистых металлических жидкостей и сотни сплавов, различающихся плотностью «упаковки» атомов в кристаллическом состоянии и характером взаимодействия между частицами. В ходе этих исследований широко использовались методы дифракции рентгеновских лучей и электронов, позволяющие выявить характер взаимного расположения атомов и, таким образом, установить связь свойств расплава с его составом. Применение этих методов к исследованию высокотемпературных и агрессивных расплавов позволило сделать важный в практическом отношении вывод о том, что путем перегрева расплава и последующего охлаждения можно зафиксировать более однородную его структуру, свойственную перегретому состоянию.

Рекомендации по изменению термических условий плавки внедрены на Уральском вагоностроительном и Златоустовском металлургическом заводах, на предприятиях Тулы, Челябинска и других городов. Таким образом, работы ученых помогли лучше понять связь между строением и свойствами жидких металлов, с одной стороны, и металлических отливок — с другой, позволили создать теоретическую базу эффективного, экономичного управления качеством металла.

В ряде современных способов производства и рафинирования сталей и сплавов жидкий металл взаимодействует со шлаком. На границе этих фаз идут процессы, скорость и полнота протекания которых нередко определяют и производительность агрегатов, и качество готового металла. Существовавшая общепринятая молекулярная теория жидких шлаков не могла объяснить накопленный фактический материал. Ученые Урала выдвинули и обосновали принципиально новое положение, согласно которому взаимодействие структурных единиц шлаков — ионов с металлами имеет электрохимическую природу. Это позволило при изучении реакций между металлом и шлаком применять богатый арсенал электрохимических методов и управлять этим процессом с помощью электрического тока.

Закономерности, установленные при электрохимическом исследовании различных стадий этого процесса, теперь широко используются для решения ряда сложных задач металлургии. На многих предприятиях легирование сталей ванадием, ниобием, танталом, а также модификацию чугунов магнием и редкоземельными элементами осуществляют не традиционной добавкой ферросплавов, а путем электрохимического восстановления соответствующих окислов. Этот способ используется и для совершенствования электрошлакового переплава. Ученые разработали эффективные способы получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, модифицирования быстрорежущей стали, а также сталей для валков холодной прокатки.

Результаты исследований в области смачивания и растекания расплавов по твердым поверхностям различных материалов легли в основу технологических разработок, связанных с упрочнением поверхности отливок, выбором защитных покрытий, припоев. В частности, полученные данные использованы для создания принципиально новых методов нанесения горячих металлических покрытий на холоднокатаную стальную полосу. Они реализованы на Днепропетровском заводе имени Коминтерна и ряде других предприятий.

За цикл работ «Исследование строения, свойств и взаимодействия металлургических расплавов», опубликованных в 1957—1980 гг., группе уче-

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. *Один американец изобрел денежный шкаф, который, если к нему прикоснуться, не только издает звон, но и освещает лицо вора пучком электрического света. В то же время находящийся внутри шкафа автоматический аппарат делает быстрый фотографический снимок с преступника.* *Нива*

ных Уральского политехнического института имени С. М. Кирова, Института металлургии Уральского научного центра АН СССР и Московского института стали и сплавов присуждена Государственная премия СССР 1982 года.

Научные основы долговечности бетона

Бетон — конгломерат рыхлых каменных материалов (песка, гравия, щебня), скрепленных затвердевшим вяжущим. Как строительный материал он известен со времен глубокой древности. Области применения бетона практически неограниченны, он с одинаковым успехом используется в транспортном, промышленном, гидротехническом, энергетическом, шахтном, жилищно-коммунальном, сельскохозяйственном и других видах строительства.

До недавнего времени было неясно, в какой мере долговечность бетонных сооружений зависит от воздействия на них агрессивных факторов внешней среды, а в какой — от подбора компонентов и изготовления самого бетона. Резкое расширение применения бетона в различного рода строительных работах обусловило необходимость разработки научных основ его долговечности. Становление этого, по существу, нового направления в технологии строительных материалов связано с работами заведующего кафедрой дорожно-строительных материалов Московского автомобильно-дорожного института доктора технических наук профессора С. В. Шестоперова.

В результате многолетних практических и исследовательских работ С. В. Шестоперов пришел к выводу о необходимости проектирования бетона для любой конструкции или сооружения. Проектирование включает две стадии: во-первых, определение условий, в которых бетон будет работать, и, во-вторых, выбор материалов и технологии для изготовления бетона с заданными свойствами и контроля за производством работ.

В процессе твердения в бетоне всегда формируются дефектные новообразования. Эти структуры — следствие полиминеральности исходного цемента и резкого различия свойств составляющих его минералов. С. В. Шестоперов исследовал стойкость этих минералов при том или ином виде агрессивных воздействий. Эти исследования были впервые проведены на синтетических монominеральных цементах. Было установлено, что заданный химико-минералогический (петрографический) состав и подбор однородных и одинаковых по размеру гранул — условия получения цементов с точно рассчитанными тепловыделением и деформационными характеристиками, у которых будут отрегулированы все стадии процесса твердения.

Поскольку долговечность бетона зависит от петрографического состава цементного камня, потребовался иной подход к стандартизации цемента. По предложению С. В. Шестоперова был принят новый ГОСТ, в соответствии с которым цементные заводы перешли на выпуск цемента с гарантией марки, в результате годовой экономический эффект составил 4 млн. руб. Это открыло возможность применения в условиях агрессивной внешней среды специальных цементов с комплексом свойств, определяемых характером возводимого объекта. Важное значение имело также предложение автора об использовании при пластифицировании цементов и бетонных смесей необработанной жидкой сульфитно-спиртовой барды — отхода гидролизной промышленности. Это позволило сэкономить до 10% цемента, облегчить труд на бетонных работах и повысить долговечность бетона.

Многолетние испытания бетонов, железобетонных деталей и конструкций, проведенные на специально организованных климатических станциях (в естественных условиях), позволили установить наличие в структуре цементного камня (по всей шкале отрицательных температур) активных и пассивных капилляров, которые переходят из одного состояния в другое при изменении условий внешней среды. Чем ниже температура воздуха, окружающего незащищенный от насыщения водой бетон, тем больше в нем становится активных капилляров, в которых образуется лед, что приводит к разрушению бетона. Были определены условия появления капилляров обоих типов и разработаны рекомендации по направленному образованию в цементном камне структуры с пассивными капиллярами.

С. В. Шестоперов предложил новые технологические приемы бетонных работ. Получение бетонов (растворов) высокой прочности связано для любого вяжущего с плотностью упаковки его зерен и зерен каменных материалов. Поэтому весьма действенным средством повышения долговечности и, в частности, морозостойкости бетонов (растворов) является однократное и многократное вибрирование бетонной смеси. Наряду с этим важно использовать цементы высоких марок. Все это приводит к быстрому росту прочности и долговечности бетона и значительному сокращению расхода вяжущего, в результате чего получаемый экономический эффект перекрывает разницу в стоимости цементов высоких и средних марок.

Изучено влияние термовлажностной обработки (пропаривания) на изменение технологических свойств бетона. Предложена технология специального мокрого помола цементного клинкера.

Многие рекомендации по повышению долговечности растворов и бетонов нашли отражение в ГОСТах и других нормативных актах, привели к переоценке ряда традиционных представлений, существовавших в технологии бетона.

За разработку научных основ создания долговечного морозостойкого бетона для транспортного и гидротехнического строительства С. В. Шестоперову присуждена Государственная премия СССР 1982 года.

Целлюлоза из древесины лиственных пород

Обеспечение сырьем — одна из самых серьезных проблем целлюлозно-бумажной промышленности. В ряде районов запасы хвойной древесины, которая традиционно была единственным источником получения целлюлозы и бумаги, истощены, а в других труднодоступны. В то же время в нашей стране, в том числе и в ее европейской части, нет недостатка в березовых и осиновых насаждениях.

Еще совсем недавно древесина этих пород считалась неподходящей

СТО ЛЕТ НАЗАД

Шведский физико-химик С. Аррениус (впоследствии лауреат Нобелевской премии, иностранный член АН СССР) устанавливает связь между электрической проводимостью и реакционной способностью кислот и оснований в зависимости от степени разбавления. Эти работы послужили основой для дальнейших исследований, которые привели к открытию явления электролитической диссоциации.

Голландский химик Я. Вант-Гофф, один из основателей современной физической химии и стереохимии (впоследствии лауреат Нобелевской премии, иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук), публикует результаты своих исследований об аналогии между газообразным состоянием материи и растворами.

Немецкий химик О. Шотт основал Йенское стекольное производство. Здесь создаются новые сорта стекол с особо ценными свойствами, в частности, термически и химически стойкие, что позволило организовать производство длительно работающих термометров для различных целей.

целлюлозно-бумажного произ-
ва. Однако в последние годы
ученых и производственников
СССР, так и за рубежом показал,
иственная древесина вполне
лема для выработки волокни-
олуфабрикатов различного на-
ния.

нерами освоения лиственной
сины в целлюлозно-бумажном
водстве стали Котласский цел-
но-бумажный комбинат (ЦБК)
50-летия ВЛКСМ и производ-
ное объединение «Сыктыв-
ий лесопромышленный ком-
(ЛПК) имени Ленинского комсо-
— ведущие предприятия от-
. Котласский ЦБК — крупней-
предприятие не только у нас в
, но и в Европе. Здесь выпу-
40 наименований продукции:
лозу, бумагу, картон, бумажные
и для упаковки сыпучих грузов,
сноволокнистые плиты, этило-
спирт, кормовые дрожжи и т. д.
вторая книга и журнал, выхо-
в нашей стране, печатаются на
этого предприятия. Более
всего объема продукции имеет
рственный Знак качества. 26
мира закупают изделия с мар-
мбината.

онце 1975 г. на комбинате была
на в эксплуатацию гигантская
очередь, рассчитанная на ежег-
производство 250 тыс. т беле-
ульфатной целлюлозы. В связи
м встал вопрос о расширении
вой базы: закрепленные за
натом запасы хвойной древеси-
могли полностью обеспечить
производство. Решено было по-
целлюлозу исключительно из
венной древесины. Для этого
тояло освоить сложнейшее уни-
ое оборудование и создать прин-
ально новый технологический
сс непрерывной варки целлю-
из древесины лиственных пород,
вший аналогов ни в отечествен-
и в зарубежной практике.

час на Котласском ЦБК перера-
ается в год около 2 млн. м³
енной древесины, что составля-
ти половину используемого
натом сырья и почти ⅔ такого
, потребляемого отраслью в це-
При этом каждый кубический
лиственной древесины обходит-
едприятию на 3 руб. дешевле,
хвойной. Внедренная на ком-
раздельная варка березовой и
вой щепы позволила увеличить
целлюлозы и сократить расход
продуктов, используемых для
ки.

ившись высокого качества бе-
сульфатной целлюлозы из ли-
ной древесины и резко снизив
бестоимость, специалисты ком-
а совместно с полиграфистами
ботали схему подготовки и ис-
ования лиственного полуфаб-
а в композиции печатных видов
и. Первоначально добавки та-
кой целлюлозы в композицию бумаги для глубокой печати не превышали 10—12%, а в офсетную — 25%. В ближайшее время их планируется довести соответственно до 20 и 40%. По мнению полиграфистов, добавка целлюлозы из лиственной древесины в композицию бумаги для печати обеспечивает хорошую впитываемость печатных красок и улучшает другие печатные свойства.

Древесину лиственных пород используют не только для варки целлюлозы. На лиственное сырье перешли и цехи древесноволокнистых плит Котласского ЦБК и Сыктывкарского ЛПК. Это потребовало переоборудования автоматических высокопроизводительных линий по производству древесноволокнистых плит, изменения режима размола древесины, усовершенствования процессов отлива и прессования. Плитам на новой основе присвоен государственный Знак качества.

Из лиственного сырья вырабатывают теперь и полуцеллюлозу, идущую на изготовление картона и бумаги для гофрирования. Основные требования, предъявляемые к этому полуфабрикату, — стабильность физико-механических показателей. Успешно проведены на Котласском ЦБК опытно-промышленные варки вискозной целлюлозы из лиственной древесины. Осуществление этого процесса означало подлинную революцию в технологии вискозной целлюлозы, открывающую большие возможности наращивания объемов производства.

Широкое использование древесины лиственных пород в целлюлозно-бумажном производстве — одно из главных направлений развития технического прогресса в этой отрасли. Группа специалистов Котласского ЦБК и Сыктывкарского ЛПК, а также ученых Центрального научно-исследовательского института бумаги и Украинского научно-производственного объединения целлюлозно-бумажной промышленности удостоена Государственной премии СССР 1982 года за разработку высокопроизводительных технологий производства бумаги и картона на основе использования древесины лиственных пород.

Новый способ производства ударопрочного полистирола

Без полимерных материалов в настоящее время невозможно представить развитие практически всех отраслей народного хозяйства. Однако несмотря на то, что номенклатура синтетических полимеров насчитывает тысячи наименований, основную долю в выпуске пластмасс и синтетических смол составляют всего несколько полимеров, в том числе полистирольные пластики, важнейшим из которых является ударопрочный полистирол

Ударопрочный полистирол обладает рядом ценных характеристик: высокими диэлектрическими и механическими свойствами, водостойкостью, хорошими декоративными и гигиеническими качествами. С этим связано его использование для изготовления корпусных деталей в радиотехнике, для внутренней облицовки холодильников, в производстве посуды разового пользования и упаковки для пищевых продуктов. Однако применявшийся еще недавно технологический процесс не мог удовлетворить растущих потребностей в ударопрочном полистироле. К тому же получаемый полимер был весьма дорогостоящим и содержал так называемый остаточный мономер — стирол. Последнее исключало его использование в тех отраслях, где требовалась высокая чистота материала.

Проектировщики, технологи и конструкторы Охтинского научно-производственного объединения «Пластполимер» в содружестве с химиками и машиностроителями Москвы, Ленинграда и Украины в сжатые сроки разработали новый высокопроизводительный технологический процесс и оборудование для производства ударопрочного полистирола. Этому способствовало то, что многие этапы работ проводились параллельно, а высокое качество исследований создало предпосылки к переходу от небольшой опытной установки сразу к изготовлению и монтажу крупнотоннажного оборудования.

Найден ряд оригинальных решений. Так, полимеризация стирола осуществляется в массе, в каскаде реакторов. Такой метод обеспечивает непрерывность процесса, позволяет его автоматизировать, резко повышает производительность труда, снижает расход энергии и металла. Эти выгоды обусловлены тем, что на конечной стадии процесса получают не суспензию, а расплав полимера, в результате чего отпадают трудоемкие операции обработки суспензии.

При полимеризации стирола в массе даже самые передовые зарубежные фирмы используют растворитель. Это несколько снижает нагрузку на оборудование (синтез проходит более спокойно), но зато вызывает увеличение объема реакторов, требует использования сложного узла регенерации растворителя. Поскольку разработчики новой технологии отказались от применения растворителя, предстояло создать не имеющее аналогов новое оборудование

Сложной технической проблемой оказался отвод избыточного тепла в реакции. Для этого применили полимеризацию мономера в кипящем состоянии. Принципиально новое решение было предложено и для того, чтобы избавиться от остаточного токсичного мономера в готовом продукте В новом процессе использованы и другие оригинальные технические решения. Разработка охтинских хими-

ков защищена 17 авторскими свидетельствами на изобретения и запатентована в ряде стран.

В настоящее время в нашей стране успешно действует более десяти крупнотоннажных линий на основе новой технологии. Выпуск ударопрочного полистирола возрос в 6 раз. Производительность новых линий по сравнению с применявшимися процессами увеличилась в 2—3 раза, а удельные капиталовложения сократились на 20%. Экономический эффект только в 1981 г. составил около 150 млн. рублей.

Созданные советскими специалистами процесс и технологические линии для производства ударопрочного полистирола весьма перспективны. С одной стороны, они смогут послужить основой для расширения ассортимента продукции, получения материалов с заданным комплексом свойств, с другой — накопленный опыт, принципы организации исследований могут быть успешно использованы при проектировании процессов синтеза и других полимеров, которые по экономическим и экологическим показателям значительно превосходят существующие.

За разработку и промышленное внедрение высокоэффективного процесса и оборудования для производства ударопрочного полистирола группа специалистов Охтинского научно-производственного объединения «Пластполимер», Украинского научно-исследовательского и конструкторского института по разработке машин и оборудования для переработки пластических масс, резины и искусственной кожи, Ленинградского научно-исследовательского и конструкторского института химического машиностроения, Научно-исследовательского института пластических масс и ряда производственных объединений удостоена Государственной премии СССР 1982 года.

Химия, технология и научно-технический прогресс

Президиум АН СССР присудил премию имени Н. С. Курнакова 1982 года академику Н. М. Жаворонкову за цикл статей под общим названием «Химия, технология и научно-технический прогресс».

На протяжении всей научной деятельности наибольшее внимание Н. М. Жаворонкова привлекает разработка теоретических основ химической технологии. Широко известны его работы, посвященные изучению гидродинамики, тепло- и массообмена в насадочных и пленочных колонных аппаратах, разработке теории многоступенчатых методов разделения (абсорбции, ректификации, препаративной хроматографии, ионного обмена, кристаллизации, сублимации, молекулярной дистилляции и др.). Результаты этих исследований имели важное значение для создания новых и интенсификации существующих процессов разделения, в частности разделения изотопов водорода, лития, бора, углерода, азота, кислорода; очистки азото-водородных смесей от окиси углерода и углекислого газа в производстве синтетического аммиака и др.

Научные интересы Н. М. Жаворонкова не ограничены только областью химической технологии. Его интересует развитие химической науки и промышленности в целом.

Отмеченный премией имени Н. С. Курнакова цикл работ состоит из семи статей, опубликованных в различных химических журналах и сборниках Академии наук СССР в 1967—1978 гг.

В статьях «Развитие общей и неорганической химии в СССР», «Неорганическая химия и новые материалы», «Вклад Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР в развитие химической науки» проанализированы пути развития неорганической химии за годы Советской власти, вклад отечественной науки в химизацию народного хозяйства, повышение благосостояния общества. На основе этого анализа с учетом достижений мировой науки и современных потребностей производства автор прослеживает основные тенденции развития неорганической химии и формулирует задачи исследований и практических разработок в области создания новых неорганических материалов, химической промышленности, металлургии и производства строительных материалов.

Большое внимание в статьях уделено развитию физико-химического анализа в современных условиях, его приложению к решению задач, имеющих важное практическое значение, роли трудов Н. С. Курнакова и созданной им научной школы в развитии неорганической химии. Физико-химический анализ — один из наиболее общих методов исследования многокомпонентных систем и их химических превращений. Он широко используется для создания новых материалов с требуемыми свойствами.

Статьи «Д. И. Менделеев и современные проблемы химической технологии и промышленности», «Химическая наука и промышленность», «Научно-технический прогресс и проблемы химической технологии» посвящены химической технологии — науке о наиболее экономичных методах и процессах переработки сырых природных материалов в предметы потребления и средства производства. Научные основы химической технологии начали интенсивно развиваться лишь в 20—30-х гг. нашего столетия, и за истекшие 50 лет в этой области достигнуты огромные результаты. В нашей стране многие научные и практические достижения в химической технологии связаны с работами Н. М. Жаворонкова, поэтому так важно обобщение его опыта для дальнейшего развития химической промышленности.

В завершающей цикл статье «Азот и его значение в природе и в народном хозяйстве» рассмотрены вопросы круговорота азота в природе, биологической фиксации атмосферного азота, химического связывания азота и плодородия почв. В своих ранних научных работах Н. М. Жаворонков изучал очистку газа для производства аммиака, он участвовал в пуске первого в СССР завода по производству синтетического аммиака и является сейчас наиболее крупным экспертом в этой области.

Отмеченный премией цикл статей Н. М. Жаворонкова — крупная веха в развитии современных представлений неорганической химии и химической технологии, в развитии физико-химического анализа и его приложений.

Биология, медицина, сельское хозяйство

Золотая медаль имени М. В. Ломоносова

Золотая медаль имени М. В. Ломоносова за 1982 г. присуждена Президиумом Академии наук СССР выдающемуся английскому ученому, члену Лондонского королевского общества, профессору Дороти Ходжкин (D. C. Hodgkin).

Д. Ходжкин широко известна благодаря ее работам по изучению строения сложных биологически активных (в том числе и белковых) молекул методом рентгеноструктурного анализа. Эти работы во многом опережали время и стали огромным вкладом в развитие одного из наиболее интересных и важных направлений современной науки — установление связи между биологической функцией молекулы и ее строением.

Первый опыт Д. Ходжкин по определению строения вещества методом дифракции рентгеновских лучей относится к 1931 г., когда она, будучи студенткой Оксфордского универси-

тета, вместе с Г. М. Пауэллом (H. M. Powell) изучила диалкилгалогениды таллия. Позже, впервые в истории Д. Ходжкин получила рентгеновские снимки белков — пепсина и инсулина: первого — в 1934 г. вместе со своим учителем Дж. Берналом (J. Bernal) в Кембридже, где она училась в аспирантуре, второго — в 1935 г. в Оксфорде, куда она вернулась уже в качестве научного сотрудника. Изучением строения важнейшего белка гормональной природы, вырабатываемого поджелудочной железой, инсулина, Д. Ходжкин вместе со своими учениками занималась многие годы. Эти усилия увенчались впоследствии блестящим успехом, но в то время решение столь сложной пространственной структуры еще не могло быть осуществлено.

«Первым успешным исследованием кристаллической структуры» называет Д. Ходжкин проведенное ею определение строения холестерилиодида, при котором был использован опробованный к тому времени метод «тяжелого атома».

К числу наиболее крупных научных результатов Д. Ходжкин следует отнести осуществление в начале 40-х годов рентгеноструктурного анализа только что открытого английским ученым Э. Чейном (E. Chain) антибиотика пенициллина, сыгравшего огромную роль в борьбе со стрептококковой инфекцией. «По современным стандартам пенициллин — очень маленькая молекула», — напишет в 1981 г. Д. Ходжкин, но в то время определение подобной структуры представляло собой весьма сложную задачу. В ее решении непосредственное участие принимала ученица Д. Ходжкин — Б. Лоу (B. Low), а целый ряд английских ученых, в частности Ч. Банн (C. Bunn), оказывали Д. Ходжкин ту или иную помощь. В результате исследования было определено однозначно строение молекулы, что впоследствии позволило осуществить ее химический синтез.

Блестящим научным достижением Д. Ходжкин явилось также определение строения витамина B_{12} — высокоактивного препарата, необходимого для нормального кроветворения. Красные кристаллы только что выделенного Л. Смитом (L. Smith) вещества Д. Ходжкин получила в 1948 г. «На какое-то мгновение, — вспоминала она, — задача показалась слишком сложной: соединение совершенно неизвестного состава с более чем 100 атомами, не считая водородных, в независимой части ячейки»*. И сейчас еще определение столь сложных структур является далеко не тривиальным и не всегда приводит к успеху, а в 40-х годах оно казалось просто невозможным. Подавало некоторые надежды присутствие в веществе сравнительно тяжелого атома кобальта.

Для определения строения витамина B_{12} Д. Ходжкин привлекла все существовавшие к тому времени методики структурного анализа, а расчеты проводила уже не вручную, а с помощью простейшей вычислительной машины ИБМ «Пирс Альфа», а затем (после 1954 г.) и первых ЭВМ. Однако структура не была бы установлена без удивительной научной интуиции Д. Ходжкин, позволявшей ей просто «чувствовать» положения атомов. Шаг за шагом в течение 12 лет Д. Ходжкин с учениками приближалась к решению сложнейшей структурной задачи.

Уже в 1953 г. на лекции в Москве она впервые нарисовала на доске неизвестное ранее кобальтсодержащее «ядро» молекулы, названное впоследствии корриновым. Несколько позже новый набор рентгеновских отражений, полученный от влажного кристалла витамина B_{12}, запаянного в тонкостенный капилляр из линдемановского стекла, позволил «увидеть» все атомы молекулы. И наконец, в 1959 г. была определена структура молекулы кофермента B_{12}, что дало возможность установить механизм биологической активности самого витамина. Оказалось, что кофермент B_{12} — это дезоксиаденозин, связывающийся с атомом кобальта молекулы B_{12} через кольцо сахара.

После открытия в начале 50-х годов будущими лауреатами Нобелевской премии М. Перутцем и Дж. Кендрью* метода определения структур сложнейших биологических объектов — белков при введении в их молекулы тяжелоатомных добавок — своего рода «меток», Д. Ходжкин с группой сотрудников вновь занялась инсулином. Однако работа осложнялась трудностями получения подходящих тяжелоатомных производных. Наконец в 1969 г. было получено распределение электронной плотности в кристалле 2Zn-инсулина. Вблизи атомов Zn наблюдались пики плотности, которые смело можно было интерпретировать как остатки аминокислоты гистидина, непосредственно связанного с цинком, а также примыкавшие к нему с двух сторон остатки серина и лейцина. На распределении электронной плотности отдельные атомы не были видны, но можно было распознать их группировки.

Более высокое разрешение было получено в 1969 г., большинству атомов на нем соответствовали отдельные пики, и только некоторые карбонильные группы не были разрешены. Окончательная картина, позже представленная японскими авторами, не дала принципиальных добавлений к структуре, установленной Д. Ходжкин. Позднее Д. Ходжкин писала: «Структура инсулина невероятно сложна и вместе с тем очень проста. Каждая молекула довольно прочно связана с другой молекулой, образуя димер; димеры упаковываются вокруг двух ионов цинка в гексамеры. Кристалл образован, по существу, примерно сферическими частицами, размещенными по закону искаженной объемноцентрированной кубической упаковки».

Научные заслуги профессора Д. Ходжкин получили мировое признание. В 1964 г. ей присуждена Нобелевская премия по химии. Она — член Лондонского королевского общества и иностранный член ряда зарубежных академий и научных обществ. С 1976 г. Д. Ходжкин — иностранный член АН СССР.

Д. Ходжкин всегда уделяла большое внимание подготовке молодых ученых из разных стран. Все они нашли в ней не только талантливого руководителя, но и чуткого, заботливого человека.

Д. Ходжкин активно выступает за мир, за ядерное разоружение, она является президентом международного Пагуошского движения ученых.

Электронная микроскопия на новом этапе

Нобелевская премия по химии 1982 г. присуждена А. Клугу (A. Klug), кристаллографу по образованию, за работы в области электронной микроскопии (Лаборатория молекулярной биологии, Кембридж, Великобритания).

А. Клуг внес большой вклад в создание новых экспериментальных методов обработки данных электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. Еще в 1960 г. он систематизировал возможные варианты структуры вирусов с так называемыми икосаэдрическими оболочками. Несколько позднее были проведены исследования ряда сферических вирусов. В 1964 г. А. Клуг с сотрудниками впервые успешно применил оптический дифрактометр для анализа электронно-микроскопических изображений объектов с периодической структурой, что значительно расширило возможности извлечения информации из этих изображений. Затем А. Клуг совершенствует методику исследования, поместив в дифрактометре еще одну линзу, собирающую продифрагировавшие пучки, что позволило реконструировать исходное изображение: очищать его от фона или разделять наложенные изображения друг от друга. Новая техника была впервые реализована в 1966 г. и получила всеобщее признание.

---

* Независимая часть элементарной ячейки — минимальная часть объема кристалла, из которой симметрическими преобразованиями может быть получен весь кристалл.

* См. статьи *М. Перутца* «Молекулярный механизм дыхания» и *Дж. Кендрью* «Информация и конформация в биологии» в ежегоднике «Наука и человечество» за 1966 и 1970 гг. — *Ред.*

Дальнейшее развитие электронной микроскопии требовало перехода к точному моделированию получаемых изображений. Понимая это, А. Клуг публикует в 1968 г. метод, который называет «трехмерной реконструкцией». Он основан на применении так называемого двойного преобразования Фурье и был реализован для объектов, обладающих симметрией*.

Создав собственную школу обработки электронно-микроскопического изображения, А. Клуг стремится использовать в дальнейших исследованиях ранее созданную модель ВТМ (вирус табачной мозаики), полученную рентгено-структурным анализом с очень высоким разрешением. Теперь ему интересно выяснить, как взаимодействуют молекулы РНК с субъединицами белка. Изучение комплекса РНК с белком в составе вируса поставило перед ученым задачу — выяснить структуру самой РНК в растворе. Выбор объектов был однозначен — только транспортные РНК (тРНК), существование которых теоретически предсказал Ф. Крик (F. Crick)**. Они обладают сравнительно низким молекулярным весом. Их строение изучалось тогда несколькими группами в Лаборатории молекулярной биологии в Кембридже.

Первые кристаллы тРНК были получены уже в 1968 г. Однако для достижения нужного результата пришлось исследовать много различных тРНК, выяснить условия их кристаллизации, в том числе в виде солей с катионным детергентом. В августе 1974 г. появилась статья А. Клуга с соавторами, в которой описана установленная с атомным разрешением пространственная структура первой нуклеиновой кислоты — фенилаланиновой тРНК. Эта работа ознаменовала новый этап в развитии наших представлений о сложной, вариабельной, но никак не монотонной пространственной организации нуклеиновых кислот.

В 1971 г. одновременно с работами по изучению структуры тРНК А. Клуг вместе с Ф. Криком (F. Crick, Англия) задаются вопросом: каким образом генетический материал молекулы ДНК упакован в клеточном ядре в деконденсированных хромосомах (хроматине) в комплексе с особым типом белков — гистонами? В 1974 г. было установлено, что основной элемент периодической структуры хроматина — нуклеосома — состоит из восьми молекул четырех различных гистонов примерно со 150 парами оснований ДНК. Этот факт помог А. Клугу с сотрудниками установить структуры нуклеосом и их организацию в хроматине. Были закристаллизованы нуклеосомы, а также отдельно входящий в них комплекс гистонов. Использование нейтронной дифракции, рентгеноструктурного анализа и обработка электронно-микроскопических данных методом трехмерной реконструкции позволили выяснить, что нуклеосома построена из клинообразного гистонового остова, вокруг которого навита ДНК — один полный и один неполный витки левой суперспирали. Эти модели были детализированы в Институте молекулярной биологии АН СССР, где получены данные о линейной последовательности расположения гистонов вдоль ДНК. Определено конкретное положение восьми молекул гистонов.

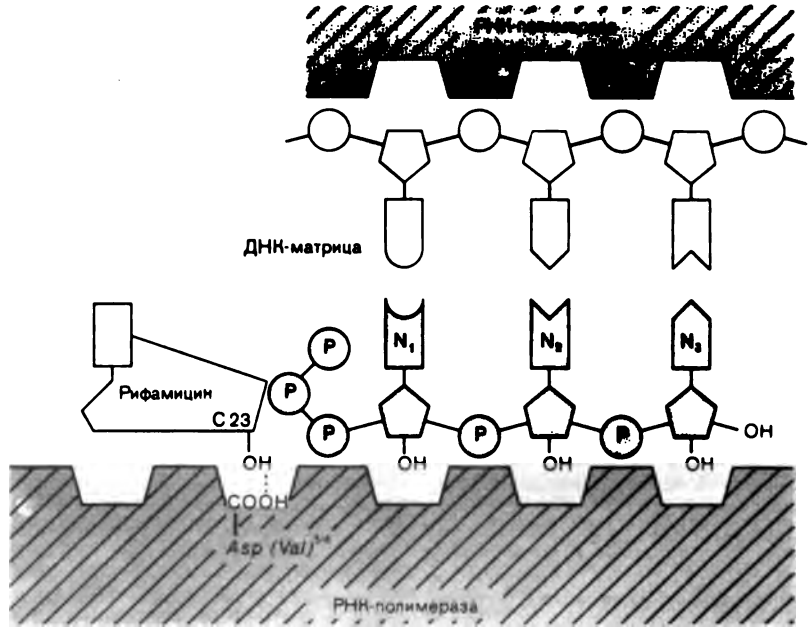
Одновременно с этими результатами А. Клуг с сотрудниками на основании электронно-микроскопического анализа хроматина предложил новую модель. В ней нуклеосомы плотно упаковываются в виде нитей диаметром 10 нм. В хроматине каждая такая нить сворачивается в суперспираль с шагом 10 нм и диаметром 30 нм.

Предлагаемые А. Клугом модели описывают строение нуклеосом только в общих чертах и требуют дальнейшего уточнения. Однако и на этом уровне они дают возможность наметить пути для решения главного вопроса молекулярной биологии многоклеточных организмов. Ученые стремятся выяснить, как функционируют ДНК в хромосомах и почему в каждой клетке из многих сотен тысяч генов оказывается активными только небольшая часть. В сущности именно это определяет своеобразие каждой клетки, а также слаженную жизнедеятельность многих миллиардов клеток, образующих организм. Предполагается, что решение этой проблемы откроет принципиально новые пути в борьбе с заболеваниями раком.

Новое направление в молекулярной генетике

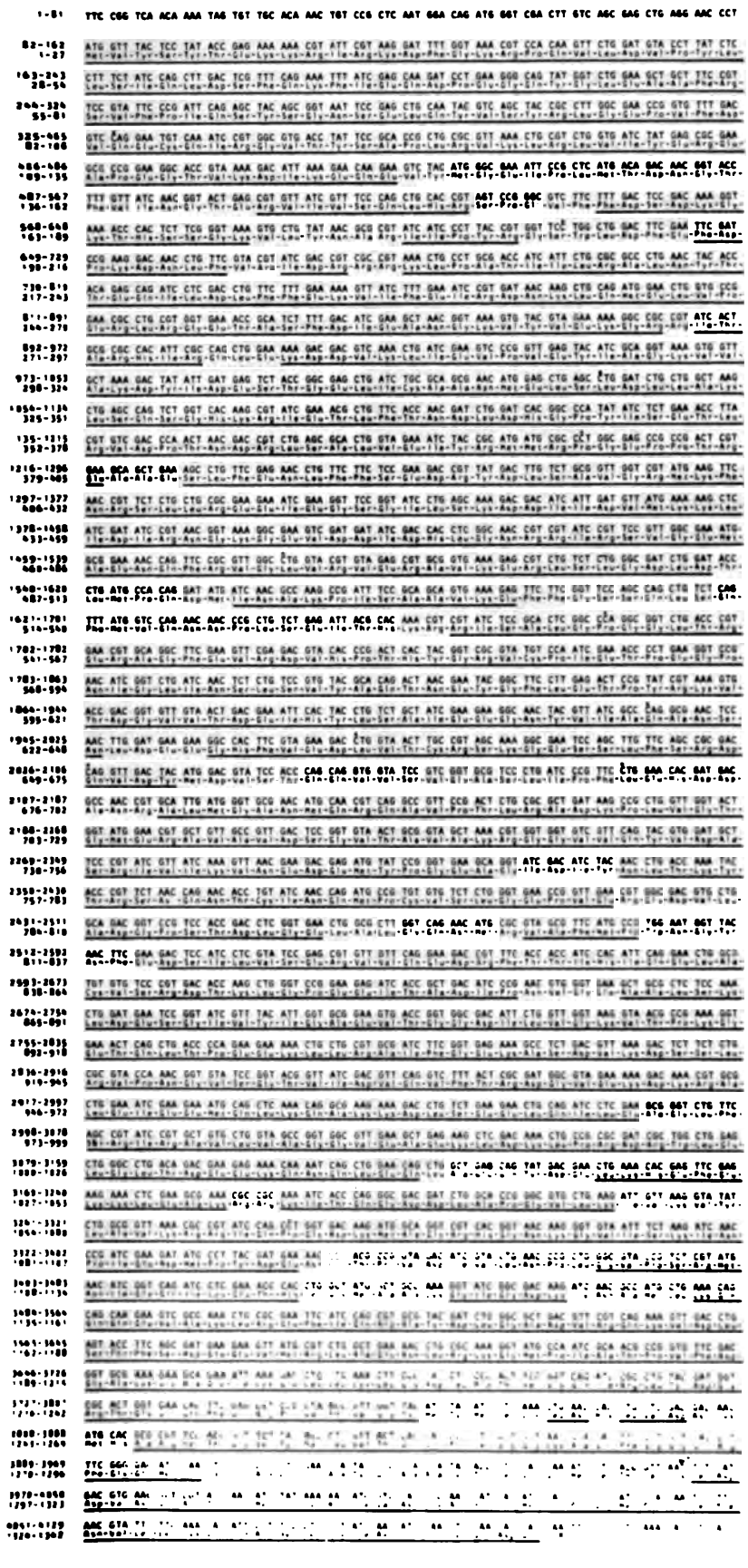
На современном этапе развития науки все большее значение приобретает физико-химическая биология и особенно молекулярная генетика. В свою очередь, ключевое положение в этой области занимает изучение

Гипотетическая модель ингибирования антибиотиком рифамицином синтеза РНК, осуществляемого РНК-полимеразой: антибиотик, специфично связываясь с ферментом, занимает место первого и второго нуклеотидов синтезируемого пентарибонуклеотида и тем самым препятствует нормальному синтезу тетра и более длинных нуклеотидов. В создании центра связывания антибиотика принимает участие остаток аспарагиновой кислоты 516, образующий водородную связь с гидроксильной группой при углеродном атоме C^{23} рифамицина. В мутанте rpo B 255, придающем E. coli устойчивость к рифамицину, этот остаток замещен на остаток валина (Val), который не может образовать водородную связь с антибиотиком. В этом случае рифамицин не препятствует синтезу РНК



* Аналогичные работы проводились и в Советском Союзе. В том же 1968 г. ныне академик Б. К. Вайнштейн с сотрудниками осуществили трехмерную реконструкцию принципиально иначе — используя комбинирование проекций в прямом пространстве (пространстве изображения). Применяя разработанные алгоритмы, Вайнштейн и другие сотрудники Института кристаллографии АН СССР провели трехмерную реконструкцию ряда биологических структур.

** Статью *Ф. Крика* «Химия и генетика» см. в ежегоднике «Наука и человечество. 1963». — *Ред.*



Полная аминокислотная последовательность β-субъединицы РНК-полимеразы кишечной палочки (E. coli) и нуклеотидная последовательность соответствующего структурного гена rpo B. Подчеркнуты аминокислотные последовательности, структура которых установлена анализом соответствующих пептидов

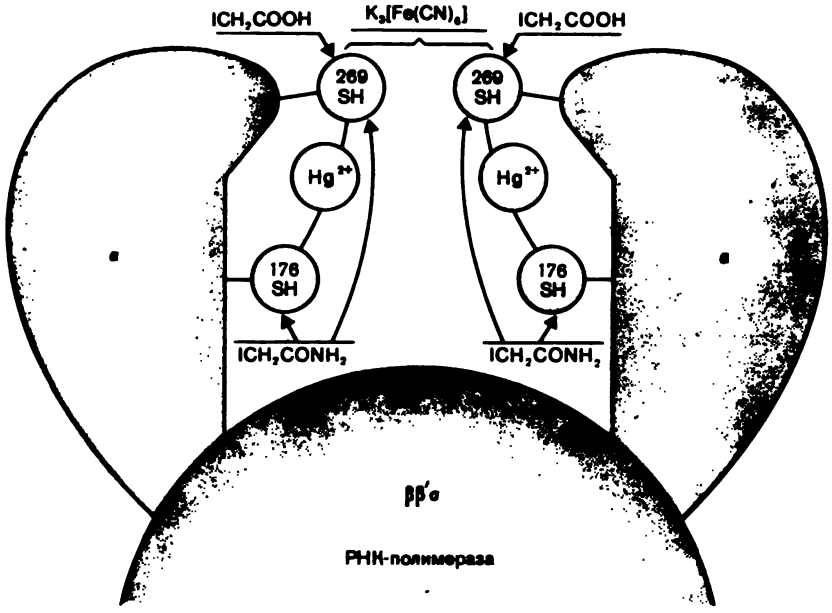
процесса транскрипции (биологического синтеза рибонуклеиновой кислоты (РНК — первого и самого существенного этапа реализации генетической информации). Во всех ныне живущих организмах транскрипцию осуществляют сходные между собой ферменты, получившие общее название РНК-полимераз. От них зависит общий уровень РНК в тканях и характер ее синтеза.

Эта группа ферментов еще совсем недавно была предметом только фундаментальных исследований, но теперь все более очевидным становится их практическое значение. Например, установлено, что производительность живых продуцентов любых необходимых веществ определяется прежде всего уровнем транскрипции полезных генов, в том числе и тех, которые введены в геном методами генетической инженерии.

Для создания новых, ранее не существовавших организмов с заданными свойствами и признаками нужно направленно воздействовать на компоненты системы транскрипции — промоторы, регуляторы, наконец на сам фермент. Естественно, что это возможно лишь при всестороннем понимании протекающих процессов. Не случайно поэтому в последнее время особенно большое значение приобрело глубокое изучение РНК-полимеразы: ее структуры и свойств, механизма ее взаимодействия с ДНК, которая служит матрицей в процессе транскрипции, и другими белками-регуляторами. Не менее важно знать изменения самой РНК-полимеразы при различных физиологических состояниях клетки и регуляции синтеза ее собственных субъединиц.

В Институте молекулярной генетики АН СССР под руководством члена-корреспондента АН СССР Р. Б. Хесина-Лурье проводилось изучение генетики и регуляции синтеза субъединиц РНК-полимеразы. В Институте биоорганической химии АН СССР исследовалась первичная структура РНК-полимеразы и последовательность генов, кодирующих ее субъединицу, а также функционирование молекулы фермента. Работа носила комплексный характер и велась параллельно и координированно в этих двух институтах и возглавлялась вице-президентом АН СССР академиком Ю. А. Овчинниковым. Она составила большой завершенный этап на пути к

Пространственное расположение SH-групп α-субъединицы фермента РНК-полимеразы, установленное путем воздействия на нее различными химическими агентами



Остатки цистеина 269 (SH 269) в обеих α-субъединицах РНК-полимеразы расположены на поверхности фермента и пространственно сближены. Они легко подвергаются химической модификации при обработке указанными на рисунке реагентами. При окислении $K_3[Fe(CN)_6]$ между ними образуется ковалентная связь. Остатки цистеина 176 (SH 176) расположены внутри глобулы фермента, но лежат вблизи от ее поверхности, они модифицируются при обработке РНК-полимеразы йодацетамидом (JCH_2CONH_2), но недоступны для йодуксусной кислоты (JCH_2COOH). Ионы ртути (Hg^{2+}) образуют внутримолекулярную «сшивку» между остатками цистеина 176 и 269

пониманию тонких молекулярных механизмов действия важнейшего фермента живой клетки. На примере различных бактериопрепаратов показано, что в основе регуляции развития организма лежит переключение синтеза РНК с одних генов на другие. Любые изменения фермента сказываются на специфичности транскрипции, что в свою очередь меняет наборы белков, синтезирующихся в клетке.

Новые данные получены при исследовании факторов, влияющих на биосинтез самой РНК-полимеразы. Выявлено и обосновано положение, что гены β- и β'-субъединиц представляют собой единый оперон, т. е. действующую согласованно группу генов.

Проведено сравнительное изучение РНК-полимераз разных бактерий. Тот факт, что установлено их большое сходство, придает работам, выполненным на препаратах из кишечной палочки (*E.coli*), общее значение. Показано также, что субъединицы фермента эволюционируют с различной скоростью.

В ходе работы были усовершенствованы методы анализа нуклеотидной последовательности ДНК и установлена структура ряда участков, играющих регуляторную роль в транскрипции. Разработан подход к модификации РНК-полимеразы аналогами субстратов и матриц непосредственно в транскрибирующем комплексе. Определена роль отдельных субъединиц фермента на разных этапах транскрипции. Локализованы мутационные замены в субъединицах, указывающие на положение активного центра фермента.

Методами белковой химии установлена полная последовательность 329 аминокислотных остатков, входящих в состав α-субъединицы. При изучении первичной структуры крупных субъединиц РНК-полимеразы (β и β', содержащих 1342 и 1407 аминокислотных остатков) параллельно определялась их аминокислотная последовательность и нуклеотидная последовательность соответствующих структурных генов.

Проведенные фундаментальные исследования заложили основу и наметили пути дальнейшего развития принципиально нового направления молекулярной генетики — генетики РНК-полимеразы. Достигнут значительный прогресс в понимании способов функционирования РНК-полимеразы. Установлена аминокислотная последовательность РНК-полимеразы — самого большого из изученных в мире белков и определена структура его генов.

Комплексный характер работы с использованием оригинальных подходов и современной техники эксперимента обусловил кратчайшие сроки ее выполнения. Полученные результаты способствовали завоеванию признанного приоритета советской науки в данной области и были удостоены Государственной премии СССР 1982 г. Она присуждена группе ученых Академии наук СССР во главе с академиком Ю. А. Овчинниковым и членом-корреспондентом АН СССР Р. Б. Хесиным-Лурье.

Еще одна страница в познании жизни

Нобелевская премия по медицине за 1982 г. присуждена трем биохимикам — С. Бергстрёму, Б. Самуэльссону (S.Bergström, B. Samuelsson, Швеция) и Дж. Вейну (J. Vane, Великобритания) за работу по выделению и изучению простагландинов.

Основное направление работ всех трех лауреатов — открытие и изучение нового класса гормоноподобных биорегуляторов, ответственных за важнейшие процессы жизнедеятельности в организме человека и животных. К ним относятся простагландины, тромбоксаны, простациклины и лейкотриены. Их сейчас объединяют под общим названием — эйкозаноиды.

В середине нашего века были разработаны теоретические основы гормональной регуляции биологических функций животного организма. Из эндокринных желез были выделены и изучены стероидные и пептидно-белковые гормоны. Это дало ключ к пониманию причин многих заболеваний и привело к становлению сравнительно новой отрасли медицины — эндокринологии.

Новый этап работ, связанных с простагландинами, начался в 1957 г., когда С. Бергстрёму удалось выделить в чистом виде и установить структуру так называемых первичных простагландинов. Структура их оказалась необычной для биорегуляторов: полиокисленные ненасыщенные жирные кислоты с циклопентановым кольцом и двумя боковыми цепями. Кроме того, было выяснено, что они обладают чрезвычайно многообразным действием, различными функциями и что их вырабатывает практически каждый орган.

Следующим важным шагом в изучении простагландинов стала расшифровка механизма их биосинтеза. В 1964—1972 гг. С. Бергстрём и Б. Самуэльссон установили, что простагландины образуются из бисгомо-γ-линолевой, арахидоновой и эйкозопентоеновой кислот под действием фермента простагландинсинтетазы.

Кроме того, с помощью препаративного биосинтеза можно было получать гормон в количествах, необходимых для проведения исследований: открывать его новые типы, изучать *in vitro* превращения его предшественников и т. д.

В 1972—1976 гг. была проведена классификация простагландинов, в которой за основу принята структура пятичленного цикла молекулы. С. Бергстрём идентифицировал пять структурных типов (A — F), а Б. Самуэльссон — типы G и H, которые оказались промежуточными соединениями в биосинтезе форм A—F. Кроме того, они выделили уже упоминавшиеся тромбоксаны A и B, синтезирующиеся через простагландины G и H в тромбоцитах.

Химическая структура простагландинов G, H и тромбоксана A оказалась еще более необычной: они содержат уникальные, неизвестные ранее производные гептана. Очень нестойкие, эти метаболиты были получены только в виде растворов. Нестабильность тромбоксана A настолько велика, что синтезировать его не удается до сих пор.

Тогда же в 1976 г. Дж. Вейн совместно с Р. Грыглевским (R. Gryglewski, Польша), независимо изучая превращения арахидоновой кислоты гомогенатами органов, обнаружил новый простагландин X или простациклин. В подкисленном растворе он за 1—2 минуты теряет свою активность, что свидетельствует о его лабильности в кислой среде и склонности к гидролизу. После установления бициклической структуры и взаимосвязи с другими типами он получил название простагландин J_2.

В 1979 г. Б. Самуэльссон открыл еще один метаболит арахидоновой кислоты. Эта кислота в лейкоцитах под действием фермента липоксигеназы превращается в лейкотриены A — E. Их физиологическое действие как медиаторов при аллергии и астме было известно и ранее. Лейкотриенами B_4 и C_4 оказались и так называемые «липидный хемотаксический фактор тромбоцитов» и «медленно реагирующее вещество анафилаксии». Б. Самуэльссон определил их химическую структуру, включая крайне важные для биологической активности детали стереохимии. Для лейкотриенов характерно наличие сопряженного триена, который позволяет контролировать выделение этой группы веществ по характерному ультрафиолетовому спектру.

Простагландины интересны не только как уникальные химические структуры. Еще большее значение они имеют в биохимии и эндокринологии. Например, нормальная родовая деятельность обеспечивается увеличением их синтеза в тканях матки. Простациклин — мощный природный ингибитор агрегации тромбоцитов — предохраняет от образования и даже способствует рассасыванию формирующихся тромбов. Вместе с тромбоксаном A_2 он регулирует в организме свертываемость и антисвертываемость крови. Не удивительно, что изучение биохимии эйкозаноидов уже сейчас позволяет рассматривать многие процессы жизнедеятельности на молекулярном уровне.

Можно еще добавить, что аспирин своим давно известным противовоспалительным действием обязан ингибированию биосинтеза простагландинов — медиаторов воспалительных реакций. Этим же объясняются кишечные кровотечения, язвы желудка и двенадцатиперстной кишки при длительном применении противовоспалительных препаратов, поскольку регулярный синтез простагландинов обязателен для нормального пищеварения. В то же время избыточным количеством простагландинов объясняют появление дизентерии и раковых заболеваний. Нарушение биосинтеза простагландинов обусловливает появление гипертонии, атеросклероза и тромбоза.

Сейчас осуществляется целевая программа ВОЗ по использованию простагландинов для медицинского прерывания беременности. Кроме того, эти вещества все шире применяются для повышения эффективности искусственного осеменения и синхронизации «охоты» и родов сельскохозяйственных животных, что дает большой экономический эффект в условиях промышленного содержания скота.

Работы новых лауреатов Нобелевской премии послужили важным вкладом в познание путей регулирования многих процессов жизнедеятельности, происходящих в организме животных и человека.

Географическая патология и эпидемиология неинфекционных заболеваний

Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний, злокачественных опухолей и сосудистых заболеваний головного мозга — важная государственная задача.

Ее решение в масштабе всей страны непосредственно связано с исследованием географической патологии и эпидемиологии этих заболеваний, что позволяет разработать систему мер по их профилактике и лечению.

Такие исследования были проведены коллективом ученых различных медицинских институтов в составе академика Н. Н. Блохина, академиков АМН СССР А. П. Авцына, К. Р. Седова и Е. В. Шмидта, члена-корреспондента АМН СССР А. М. Вихерта и ряда других видных ученых. Работа внесла важный вклад в понимание механизмов возникновения и прогрессирования сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний и ее результаты уже нашли применение в практике здравоохранения.

Впервые в мире ученые Советского Союза в сотрудничестве с учеными Чехословакии и Швеции и при содействии Всемирной организации здравоохранения разработали программу и методику изучения эпидемиологии атеросклероза. Необходимость таких исследований вызвана тем, что развитие атеросклероза у человека начинается задолго до появления клинических признаков заболеваний.

На основании патологоанатомических исследований по материалам 17 городов были впервые получены объективные данные о степени поражения атеросклерозом населения различных регионов страны. Выявлены существенные различия в темпах развития болезни у жителей трех основных регионов Советского Союза (Европейского, Сибирского и Среднеазиатского), причем уже в пределах Европейского региона можно выделить города с высоким, средним и низким уровнем атеросклероза у населения. Установлены также существенные различия в поражении атеросклерозом коренного и некоренного населения городов Средней Азии и Сибири. Восточная Сибирь, например, несмотря на экстремальные факторы внешней среды, не является зоной повышенного развития основных сердечно-сосудистых заболеваний.

Исследование позволило установить не только средний уровень атеросклероза у населения изученных городов, но и определить его зависимость от многих факторов: возрастных, половых, климатических, этнических, профессиональных, от степени индустриализации региона, от основного заболевания, курения, наследственной предрасположенности к развитию сердечно-сосудистых заболеваний, питания и др.

Исследована распространенность и оценены факторы риска для сосудистых заболеваний головного мозга. На основе обширных клинико-статистических исследований проведен анализ структуры основных форм сосудистой патологии. Работы в этом направлении были первыми в нашей стране и также поддерживались Всемирной организацией здравоохранения как наиболее актуальные в современной медицине.

Результаты позволили осуществить первую в нашей стране программу широкого контроля артериальной гипертензии. В результате количество инсультов в изучаемой группе населения снизилось в 2,3 раза.

Второе место среди причин смертности в нашей стране занимают злокачественные опухоли. Материалы статистики свидетельствуют о том, что количество онкологических заболеваний все еще растет, но в ряде случаев этот рост приостановлен, а для отдельных форм рака наметилась четкая тенденция к снижению. Опреде-

ленную роль в этом сыграли исследования по эпидемиологии злокачественных новообразований.

Программы исследований включали изучение определенных территориальных групп населения по демографическим, профессиональным, иммунобиологическим, генетическим и многим другим показателям и подробную характеристику факторов и условий окружающей среды.

По результатам проведенных работ созданы подробные карты распространенности отдельных форм рака в СССР и сформулированы гипотезы о причинах, способствующих возникновению ряда опухолей. Кроме того, выявлены некоторые факторы внешней и внутренней среды, которые способствуют или препятствуют развитию злокачественных новообразований.

Были разработаны меры по устранению или максимально возможному ослаблению действия неблагоприятных факторов и, наоборот, усилению влияния факторов, препятствующих возникновению отдельных форм злокачественных новообразований.

Результаты эпидемиологических исследований внедрены в практику работы онкологических учреждений страны и служат основой для выявления групп повышенного риска и проведения государственной и личной профилактики некоторых форм рака. Особое значение эти исследования имеют для целенаправленной, специфической в отдельных районах страны противораковой пропаганды.

Система мероприятий по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, злокачественных опухолей и сосудистых заболеваний головного мозга снижает заболеваемость и смертность населения. Цикл работ в целом получил высокую оценку, коллектив авторов удостоен Государственной премии СССР 1982 г.

Микрохирургия — новая область хирургии

Появление микрохирургических методов открыло перед хирургией совершенно новые неожиданные возможности. Сейчас уже можно говорить об образовании самостоятельной дисциплины, активно вторгающейся в самые разные области медицины.

Для микрохирургии были созданы специальное оптическое оборудование, инструменты и особый материал для швов — все это позволяет проводить операции на очень малых структурах. Например, операционный микроскоп снабжен трансфокатором, кино- и телевизионной камерой и позволяет видеть операционное поле одновременно одному, двум и даже трем хирургам. Микрохирургические инструменты для работы в клинике и для экспериментов — это нежные, высокоточные инструменты, рабочие части которых, в свою очередь, сами выполнены под микроскопом.

Первое в нашей стране отделение микрохирургии сосудов было создано по инициативе академика Б. В. Петровского в 1973 г. во Всесоюзном научно-исследовательском институте клинической и экспериментальной хирургии Министерства здравоохранения СССР (ныне Всесоюзного научного центра хирургии — ВНЦХ АМН СССР).

Позже, в 1978 г., Министерство здравоохранения СССР решило образовать в стране целую сеть микрохирургических центров. Они открыты в Тбилиси, Ленинграде, Киеве, Саратове, Куйбышеве, Ташкенте, Ереване и других городах.

В отделе микрохирургии ВНЦХ АМН СССР, основное направление работ которого — реплантация конечностей, сейчас выполнено под микроскопом более полутора тысяч операций. Сотням больным, в том числе детям, сохранены конечности, пострадавшие из-за тяжелых травм или заболеваний. Проведено более 70 операций, устраняющих рубцовые дефекты на лице или на шее. Возвращена трудоспособность большой группе инвалидов труда с так называемой беспалой кистью.

Травматическая ампутация пальцев и кисти на производстве приводит к тяжелой и стойкой инвалидности и даже увечью. Микрохирургия именно тот метод, который в этих случаях позволяет сохранить кисть и пальцы, предотвратив инвалидность. Эта операция, пожалуй, особенно ярко демонстрирует высокий уровень врачебной помощи, который был бы невозможен без микрохирургии. Помимо всего, в целом по стране сохранение трудоспособности людей с подобными увечьями дает немалый материальный эффект.

В экспериментах на обезьянах и в клинических опытах доказана возможность пересадки пальцев со стопы на кисть для больных с утраченными в результате травмы пальцами.

Сегодня перед специалистами стоят проблемы проведения операций по пересадке так называемых сложносоставных лоскутов, включающих (в различных комбинациях) мышцы, кость, кожные покровы с питающими сосудами и нервами. Именно эти операции во многом определяют будущее травматологии и ортопедии. Офтальмология, ларингология, сердечно-сосудистая хирургия, трансплантация органов и тканей, хирургическая травматология и ортопедия, пластическая и челюстно-лицевая хирургия, детская хирургия, оперативные вмешательства в гинекологии и урологии — эти и другие вполне обособившиеся направления хирургии не могут уже существовать без микрохирургии. Более того, они развиваются во многом благодаря ей.

На сегодняшний день наибольших успехов отечественная микрохирургия добилась в области реплантации пальцев и кисти. Достижения в этой области значительно превышают аналогичный опыт многих ведущих зарубежных клиник.

За разработку экстренных микрохирургических операций при травматических ампутациях пальцев и кисти группа специалистов из Москвы, Ленинграда, Тбилиси и Киева удостоена Государственной премии СССР 1982 г.

Роль науки в реализации Продовольственной программы СССР

Майский (1982 г.) Пленум ЦК КПСС подчеркнул значение науки в реализации Продовольственной программы СССР. В решениях Пленума указано, что эффективность научных исследований будет возрастать при углублении всестороннего сотрудничества ученых и специалистов различного профиля.

Развитию творческих контактов, совершенствованию сложившихся и поиску новых методов решения актуальных проблем агропромышленного производства, связанных с реализацией Продовольственной программы СССР, была посвящена совместная сессия общего собрания Академии наук СССР и общего собрания ВАСХНИЛ (23—24 сентября 1982 г.).

Во вступительном слове президент АН СССР академик А. П. Александров отметил, что интеграция и кооперация ученых на современном этапе — один из главных факторов интенсификации научно-исследовательского процесса. Он назвал ряд работ большого теоретического и практического значения, проведенных Академией наук СССР совместно с академиями сельскохозяйственных и медицинских наук, с академиями наук союзных республик.

Только на основе репрезентативных данных, полученных в надежных, хорошо проверенных и контролируемых условиях, подчеркнул он, можно дать научно обоснованные рекомендации, обеспечивающие высокую эффективность производства.

«Продовольственная программа и задачи советской науки» с таким докладом выступил вице-президент АН СССР академик Ю. А. Овчинников. Он отметил политическое и народнохозяйственное значение Продовольственной программы, которая предусматривает сбалансированное, динамичное развитие всех звеньев агропромышленного комплекса, повышение эффективности сельского хозяйства на основе широкого внедрения достижений науки и техники.

Академик Ю. А. Овчинников подробно рассказал о наиболее важных работах ученых Академии наук СССР и республиканских академий, направленных на решение Продовольственной программы; выделил наиболее

ьные на сегодняшний день емы, стоящие перед фундаьными науками. Особенно ие задачи предстоит решать огической науке. Это выведение урожайных сортов и гибридов жохозяйственных растений, проных пород животных, создание штаммов микроорганизмов, а разработка новых генетико-сеонных методов на основе химиого и радиационного мутагенеза, енной гибридизации, полиплоапомиксиса (бесполого размноя) и др.

окладе был приведен ряд резульработ по созданию высокоуросортов озимой и яровой пшегибридов кукурузы, кормовой подсолнечника и других культур. Институтом молекулярной биологенетики АН УССР совместно с ждениями ВАСХНИЛ и Министерсельского хозяйства УССР выве новые сорта низкорослой пшеКиянка, гибридов кукурузы Юбиая 60, Коллективная 244. Экономический эффект от их внедрения за —1982 гг. — около 2,5 млн. руб. бекской ССР методами отдаленгибридизации, химического и раонного мутагенеза создано боперспективных сортов хлопчат, которыми только в этой респузасеяно более 1 млн. га, а экоческий эффект за X пятилетку вил 1,6 млрд. руб.

основе работ по отдаленной дизации и полиплоидии в Институбщей генетики АН СССР ны высокоурожайные, устойчик болезням сорта картофеля и Белая ночь с потенциальной айностью до 800 ц/га. На ве исследований по генетике поций здесь восстановлен и улучраннеспелый сорт подсолнечниЕнисей. Успешно развиваются ты по созданию сортов и гибрисельскохозяйственных культур в виях наук Белорусской, Молкой, Азербайджанской, Грузин, Киргизской, Туркменской ССР гих республик.

ади завершенных работ по сеи животных большое практичезначение имеют акклиматизация множение в ряде регионов СССР нского яка и создание в АН Казах ССР высокопродуктивных пород ей (Семиреченская) и овец.

Академии наук СССР широко разуты работы по выведению новой ды крупного рогатого скота на ве гибридизации русской черной породы с азербайджанским . Созданное здесь стадо животв настоящее время включает ну голов, в том числе 300 коров с и 6—8 тыс. кг при 4—4,7% жира. ные животные переданы для ножения в ряд районов нашей ы.

ьшое внимание уделил академу А. Овчинников биотехнологии, генной и клеточной инженерии, которые открывают новые возможности перед селекционным процессом. Пример того — получение соматического гибрида между диким и культурным картофелем на основе слияния протопластов (совместная работа Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР и Украинского НИИ картофельного хозяйства).

В Институте биологии развития АН СССР на примере тутового шелкопряда с помощью новых эффективных методов селекции разработана схема размножения в миллионах копий наиболее продуктивных индивидуумов и воспроизведения в ряде поколений их уникального потомства. Экономическая эффективность этой работы превышает 200 млн. руб.

В АН СССР, АН Казахской ССР, в ВАСХНИЛ и МГУ в последние годы ведется разработка новых методов воспроизводства сельскохозяйственных животных. Например, хорошие результаты уже дает метод суперовуляции и трансплантации зигот.

Особое внимание, отметил Ю. А. Овчинников, следует уделить теоретическим основам и практическим рекомендациям повышения интенсивности азотофиксации бобовыми растениями при их выращивании, а также прогрессивным методам микробиологического синтеза для увеличения ресурсов кормового белка за счет использования в качестве исходного сырья природного газа, отходов лесотехнической, пищевой и других отраслей промышленности. В частности, использование древесных опилок и соломы дает биомассу с содержанием белка до 20%. Биотехнология позволяет получать белок из растительных соков травяных смесей. В колхозе «Узвара» Баусского района Латвийской ССР создана опытно-производственная установка, на которой получают ферментативный сок и белковый коагулянт для свиней, телят и бычков. Успешно решается и производство ферментов для обработки древесины, соломы и другого целлюлозосодержащего сырья с повышенным содержанием сахаристых веществ.

Предстоит выяснить и научиться регулировать механизмы кормового питания, транспорта веществ в растении, изучить процессы метаболизма и энергетического обеспечения в организме животных, найти эффективные стимуляторы и регуляторы роста, а также повысить КПД фотосинтеза и увеличить фотосинтетическую продуктивность растений.

Остановившись на проблеме обеспечения страны продовольствием, Ю. А. Овчинников отметил важность работ по общей физиологии человека, особенно по физиологии питания и исследованию патологических процессов, ведущих к нарушению обмена веществ при неправильном питании.

Член-корреспондент АН СССР П. П. Вавилов в своем докладе «Задачи сельскохозяйственной науки в реализации решений майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС» отметил, что сегодня ВАСХНИЛ, ее региональные отделения объединяют более 120 научно-исследовательских институтов и около 200 других научных учреждений. В различных почвенно-климатических зонах страны функционирует около 50 селекционных центров по растениеводству.

Ученые академии проводят серьезные работы по селекции и внедрению новых сортов зерновых и других культур в производство. За годы десятой пятилетки районировано 723 новых сорта, в том числе 578 сортов полевых культур. Новые высокопродуктивные сорта зерновых культур возделываются на площади более 40 млн. га, что дает дополнительно несколько десятков миллионов тонн зерна.

Новые методы селекции позволили создать продуктивные полукарликовые сорта пшеницы, низкостебельные и полиплоидные сорта озимой ржи, интенсивные сорта ячменя, неосыпающиеся сорта гороха, высокоустойчивые сорта картофеля, овощных и других культур. П. П. Вавилов отметил, что чрезвычайно важно ликвидировать разрыв между потенциальной и фактически получаемой урожайностью выведенных новых сортов, так как потенциал сорта в лучшем случае реализуется на 40—50%.

Важным достижением науки и практики последних лет стала разработка и внедрение новых прогрессивных, индустриальных технологий возделывания кукурузы, риса, подсолнечника, сахарной свеклы, хлопчатника, сои, а также почвозащитных систем обработки почв, которые внедрены на площади более 44 млн. га. Это дает возможность ежегодно получать дополнительно миллионы тонн зерна, снижает отрицательные последствия засух, защищает почву от эрозии.

Большое внимание уделил П. П. Вавилов внедрению промышленной технологии в животноводство, интенсификации сельскохозяйственного производства, повышению эффективности использования материальных, земельных и трудовых ресурсов, а также социально-экономическим проблемам развития сельского хозяйства. Он подчеркнул, что только комплексный подход к решению проблем позволит получить наивысший конечный результат. Но для этого необходимо существенно улучшить планирование, организацию и координацию научных исследований.

О задачах республиканских академий наук в реализации Продовольственной программы СССР рассказали академик Б. Е. Патон — президент Академии наук Украинской ССР, академик А. М. Кунаев — президент Академии наук Казахской ССР, член-

корреспондент АН СССР А. А. Жученко — президент Академии наук Молдавской ССР.

В частности, А. А. Жученко рассказал о разработке биологических основ адаптивной системы ведения сельского хозяйства в условиях его интенсификации и крупномасштабной концентрации. Эта система основана на более полном использовании биоклиматического потенциала региона и сортов сельскохозяйственных культур и обеспечивает высокие и устойчивые урожаи.

Участники сессии приняли постановление «О задачах науки в реализации Продовольственной программы СССР» и утвердили основные направления научно-исследовательских работ.

Совместная сессия общего собрания АН СССР и общего собрания ВАСХНИЛ призвала советских ученых приложить все силы, знания и способности для успешного решения задач, поставленных майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС перед советской наукой, повысить ответственность за качество исследований, разработок и рекомендаций, активно содействовать своей научной деятельностью претворению в жизнь Продовольственной программы СССР.

Новые типы каракульских овец

Создание стад каракульских овец различной окраски и совершенствование уже существующих пород — характерная особенность современного мирового каракулеводства.

Каракульские смушки традиционных расцветок (черной, серой, коричневой), производимые в нашей стране, всегда высоко ценились на международных пушных аукционах. Советским каракулеводам предстояло расширить ассортимент расцветок. Создание новых типов овец проводилось методами селекции: отбором на племя из поколения в поколение лучших по фенотипу (индивидуальным качествам) и генотипу (происхождению и качеству потомства) животных и подбором — наиболее целесообразным составлением родительских пар. Эти методы требуют трудоемкой и кропотливой работы в течение многих лет.

Более трех десятилетий понадобилось ученым и селекционерам, чтобы на базе животноводческих хозяйств Узбекской, Туркменской и Таджикской республик вывести новые типы овец каракульской породы оригинальных окрасок, а также новые типы овец с окраской, называемой суром, когда цвет волоса меняется по длине.

Селекционную работу по созданию стада каракульских овец бухарского сура одним из первых начал академик ВАСХНИЛ В. М. Юдин в племзаводе «Каракум» Узбекской ССР. Стадо создавалось в период 1947—1961 гг., и его селекция служила моделью для аналогичных работ в других хозяйствах.

Суром, как было сказано, называется неравномерная окраска шкурки, когда волосяной покров имеет темное основание с плавным переходом к светлому поверхностному слою. Перевод равномерной окраски в сур производится путем постепенного накопления в ряде поколений самых незначительных отклонений в сторону посветления конца волоса при одновременном утемнении его основания.

Селекция бухарского серебристого сура велась методом гетерогенного подбора баранов сур с черными овцами. В результате получился весьма ценный тип, сочетающий серебристую окраску с высоким качеством каракуля.

Внутрипородный тип — сурхандарьинский сур выведен в племзаводе имени Ю. А. Гагарина (Кумкурганский район Узбекской ССР) под руководством доктора сельскохозяйственных наук, старшего научного сотрудника Всесоюзного научно-исследовательского института животноводства ВАСХНИЛ Н. С. Гигинейшвили.

Овцы этого типа имеют довольно широкий спектр расцветок: бронзовой свойствен темно-коричневый фон шкурки и поверхностный слой цвета бронзы, платиновой — кофейный фон с почти белым верхним слоем, янтарной — желто-золотистый налет на коричневом фоне, а антрацитовой — на черном фоне стальной налет.

Селекционеры племзавода имени Ю. А. Гагарина за период с 1961 по 1977 г. впервые в мировой практике каракулеводства создали стадо чистопородных белых каракульских овец в 2 тыс. голов, в котором ягнята белой окраски появляются в 90% случаев. Особое значение белого каракуля состоит в том, что его можно красить в любые цвета. Здесь надо заметить, что белая окраска не может полностью заменить цветную, так как после крашения качество и прочность шкурки, естественно, снижаются.

Селекционеры племзавода избрали путь чистопородного разведения, взяв за основу платиновый сур, концы волóс которого почти полностью депигментированы. Задача селекции состояла в распространении белого отрезка на всю длину волоса, равномерно по всей площади шкурки.

На том же племзаводе имени Ю. А. Гагарина в 1977 г. была завершена работа и по созданию заводского типа овец розовой окраски, так называемых бриллиантовых оттенков.

Бриллиантовый каракуль состоит из волос бронзового сура и белых. В селекции был использован метод скрещивания овец серой окраски и бронзового сура. Полученное стадо овец бриллиантовой расцветки (3 тыс. голов) — единственное и в нашей стране, и во всем мире.

Большая работа проведена учеными-селекционерами по созданию новых заводских типов каракульских овец серой окраски с оригинальными и ценными оттенками. Из всех типов каракульской породы овцы серой окраски оказались самыми сложными для разведения и селекции по той причине, что у них ослаблена конституция и при чистопородном их разведении увеличивается процент нежизнеспособных ягнят. Тем не менее эта задача была решена учеными ВНИИ животноводства с помощью новой системы племенной работы с этим типом овец. Система, в частности, предусматривает разведение серых овец на основе однородного подбора, при этом применяется хорошо зарекомендовавший себя метод раннего определения жизнестойкости ягнят. Кроме того, формируются и используются специальные генеалогические линии баранов. Осуществляется также отбор и подбор по расцветкам серого каракуля, учитывая сочетание ценных расцветок с длинными формами завитка.

Внедрение этой системы привело к упрочению типа и передаче потомству наиболее ценных свойств серого каракуля.

Ученые и специалисты ВНИИ каракулеводства в племзаводе «Нурата» Самаркандской области успешно провели селекцию серых каракульских овец другим способом, применив разнородный подбор черных овец с племенными баранами, родители которых имели серую окраску и были отобраны и выращены в элитной части стада.

Серый каракуль племзавода им. Ю. А. Гагарина и племзавода «Нурата» считается лучшим в стране, а вся работа в целом уже сейчас дает ощутимый экономический эффект — 13,5 млн. руб. в год.

За создание и внедрение в производство новых типов овец каракульской породы серой, розовой и белой окраски, бухарского и сурхандарьинского сура группе ученых и практических работников присуждена Государственная премия СССР 1982 г.

Аэрозоли для профилактики и борьбы с инфекционными болезнями животных

В нашей стране действуют сотни крупных животноводческих и птицеводческих комплексов, ферм по производству пушнины, а также пчеловодческих хозяйств.

С переводом животноводства на промышленную основу возросла роль ветеринарных мер по охране животных от инфекционных и инвазионных (вызываемых паразитами животного происхождения) болезней. В случае возникновения инфекций в таких хозяйствах существует реальная угроза массового перезаражения, что может

привести к гибели животных или снижению их продуктивности и нанести огромный экономический ущерб. Поэтому профилактические ветеринарные меры в животноводческих промышленных комплексах стали неотъемлемой составной частью всего технологического цикла производства. Для повышения их эффективности наиболее перспективно применять химические и биологические препараты в аэрозольном состоянии.

Основные исследования по разработке методов и средств аэрозольной технологии обработки животноводческих объектов, защиты скота и птиц от кровососущих насекомых, аэрогенной вакцинации скота, птиц и пушных зверей против ряда инфекционных болезней проведены под руководством академика ВАСХНИЛ В. С. Ярных во Всесоюзном научно-исследовательском институте ветеринарной санитарии, Всесоюзном научно-исследовательском институте ветеринарной вирусологии и микробиологии и во Всесоюзном государственном научно-контрольном институте ветеринарных препаратов.

Ученые исследовали кинетику аэродисперсных систем в замкнутом пространстве применительно к животноводческим объектам, механизм действия аэрозолей дезинфицирующих средств на патогенные микроорганизмы, роль электрического заряда аэрозольных частиц в распределении их по дыхательному тракту животного и на поверхностях помещения. Кроме того, было изучено влияние физико-химических факторов на сохранность вакцинных штаммов бактерий и вирусов в аэрозоле.

Данные этих исследований, а также цикл опытно-конструкторских работ послужили основой для организации серийного производства и внедрения аэрозолей в ветеринарную практику. Были созданы генераторы аэрозолей, метрологическая аппаратура для исследования аэродисперсных систем, прибор для дисперсного исследования бактериальных аэрозолей.

Для борьбы с рядом болезней, таких, как туберкулез, бруцеллез, ящур, пастереллез, рожа, чума, ларинготрахеит и многие другие, в широкую ветеринарную практику внедрены химические средства и технология профилактической и вынужденной аэрозольной дезинфекции животноводческих помещений, а также метод контроля качества дезинфекции.

Обширные исследования биологических аэрозолей помогли найти новые подходы к профилактике респираторных инфекций молодняка животных, способы аэрозольной иммунизации птиц против болезни Ньюкасла и пушных зверей против чумы плотоядных.

Для свиноводческих комплексов с различной эпизоотической обстановкой серьезным достижением стала аэрозольная вакцинация свиней против классической чумы, рожи и болезни Ауески.

Применение аэрозолей существенно улучшает гигиену труда ветеринарных работников и животноводов, более эффективной становится профилактика болезней, общих для человека и животных. Кроме того, повышается качество продуктов животноводства, улучшается экологическая обстановка.

Новые формы химических и биологических препаратов уже внесли свой вклад в осуществление Продовольственной программы СССР — их использование в животноводстве приносит свыше 50 млн. руб. годовой экономии.

За разработку и внедрение аэрозольных форм химических и биологических препаратов для профилактики и борьбы с инфекционными болезнями животных группе ученых и практиков во главе с академиком ВАСХНИЛ В. С. Ярных присуждена Государственная премия СССР 1982 г.

Науки о Земле

Строение земной коры

Президиум Академии наук СССР присудил Золотую медаль имени А. П. Карпинского 1982 г. академику А. В. Пейве за цикл работ по строению земной коры континентов и океанов.

Исследования в этой области начаты А. В. Пейве более 40 лет назад. За это время он создал ряд фундаментальных трудов, посвященных важнейшим проблемам тектоники континентов и океанов, в том числе глубинным деформациям в нижних горизонтах земной коры и мантии. Он выдвинул принципиально новую концепцию теории геосинклиналей, завоевывающую все большую популярность у геологов самого различного профиля. Изыскания А. В. Пейве, касающиеся разломов земной коры, в особенности глубинных, оказали огромное влияние на развитие региональной и теоретической тектоники, учения о рудообразовании и ряда других отраслей геологических знаний.

Его исследования сдвиговых деформаций в земной коре во многом способствовали признанию концепции о ведущей роли в тектоническом процессе горизонтальных движений. В 1961 г. эта концепция была распространена не только на геосинклинальные области, но и на платформы и дно океанов. Выявленные при глубинном сейсмическом зондировании пологие субгоризонтальные поверхности в фундаментах древних платформ свидетельствуют о расслаивании глубинных частей коры, которое, несомненно, затрагивает и мантию. Движение по этим поверхностям скольжения и «течение масс» формировали и могут формировать в дальнейшем различные платформенные структуры. Было показано, что процесс тектонического дробления на большие и малые блоки, испытывающие горизонтальные перемещения, охватывает и океаническое дно, т. е. мозаично-глыбовое строение коры — общепланетарное, характерное для любых тектонических элементов континентов и океанов.

В 1963 г. А. В. Пейве вместе со своими учениками опубликовал книгу «Разломы и горизонтальные движения земной коры», в которой детально и полно охарактеризованы различные методы, позволяющие определять тип того или иного разрыва, направление и амплитуды, происходящего по нему движения. В ней впервые дается обстоятельное описание сдвиговых движений, анализируются закономерности образования разнородных тектонических элементов.

Изучая тектонику и историю развития Альпийско-Гималайского пояса, А. В. Пейве («Океаническая кора геологического прошлого», 1969 г.) обратил внимание на то, что в основании многих покровов залегает ассоциация ультраосновных пород и габбро, перекрывающаяся толеитовыми базальтами и глубоководными осадочными породами. Из этого был сделан чрезвычайно важный вывод о том, что все эвгеосинклинальные зоны (наиболее подвижные части геосинклинальных областей) мезо-кайнозойского возраста развивались на коре океанического типа. Для разреза океанической коры такого возраста характерен «фундамент», сложенный гипербазитами, габброидами и метаморфизованными эффузивными породами, и «чехол», состоящий из вулканических накоплений, радиоляритов, кремнистых сланцев и пелагических известняков. Этот разрез А. В. Пейве сопоставил с разрезом коры современных океанов и показал их поразительное сходство. Он ввел в обиход отечественной геологии также понятие о грандиозной тектонической брекчии океанической коры и соот-

ветствующий ей термин «меланж» и дал единственно возможное толкование данного явления с позиций мобилизма. Охарактеризованное А. В. Пейве строение разреза океанической коры в геологическом прошлом, подтвержденное многочисленными исследованиями на примере складчатых сооружений самого различного возраста, привело к новым важным завоеваниям в учении о синклиналях.

Изучая теоретические вопросы геотектоники, А. В. Пейве не смог пройти мимо потока информации о геологическом строении дна океанов. В своих исследованиях он использовал как опубликованные материалы о подводном бурении и драгировании, так и собранные им в нескольких океанских научных экспедициях данные. Оригинальная трактовка структуры Срединно-Атлантического хребта и истории тектонического развития ложа Атлантического океана в целом дана в двух его работах: «Тектоника Срединно-Атлантического хребта» (1975 г.) и «Новая модель строения Срединно-Атлантического хребта» (1976 г.). Он убедительно показал, что весь Атлантический океан представляет собой межконтинентальную геосинклинальную систему на начальном океаническом этапе развития со всеми ее характерными особенностями строения, в том числе с краевыми миогеосинклиналями (относительно малоподвижными частями геосинклинальных областей), из которых наиболее отчетливо выражена западная, простирающаяся вдоль берегов Америки.

Для понимания строения дна Тихого океана важны работы А. В. Пейве, выполненные им совместно с доктором геолого-минералогических наук М. С. Марковым. Они изучили большое число разрезов древнейших образований островных дуг западной части этого океана и показали единство их строения. Островные дуги представляют собой что-то вроде промежуточного звена между континентами и океанами. Они обладают корой переходного типа и тем самым как бы маркируют начальные этапы формирования настоящей континентальной коры, задавая их нижнюю границу.

Многие годы А. В. Пейве исследует проблему горизонтального тектонического расслаивания земной коры. Согласно его идеям во всех оболочках коры и в верхней мантии в процессе геологической эволюции нашей планеты постоянно возникают горизонтальные и субгоризонтальные поверхности, по которым происходят перемещения горных масс. Такие поверхности располагаются на различных глубинах; это не только границы, на которых происходит смена одного состава вещества другим, но и крупнейшие поверхности тектонического раздела. Горизонтальное тектоническое расслаивание охватывает все крупнейшие структурные элементы Земли — древние и молодые платформы, развивающиеся геосинклинальные области и океаны.

Советско-японское сотрудничество в области геофизики

Двустороннее советско-японское сотрудничество по изучению строения земных недр в северо-западной части Тихого океана восходит к 1966 г. Окраинные дальневосточные моря и островные дуги исследовались, в частности, в период осуществления международного проекта «Верхняя мантия» (1960—1970 гг.). Это районы высокой тектонической, сейсмической и вулканической активности. Островные дуги вместе со своими продолжениями на континентах в Северной и Южной Америке образуют замкнутое тихоокеанское «огненное кольцо».

Советские и японские ученые изучали глубинное строение земной коры и верхней мантии крупных тектонических структур на Дальнем Востоке в пределах территорий двух стран, фокальную зону землетрясений Курило-Камчатской и Японской островных дуг, глубинную структуру вулканических областей. Эти исследования позволяют провести сейсмологическое и вулканическое районирование, приблизиться к решению проблемы, связанной с прогнозированием землетрясений и извержений вулканов. Совместно составлены карты геофизических полей акваторий Японского и Охотского морей.

В 1971 г. был осуществлен советско-японский геофизический эксперимент на плато Эаурипик, разделяющем Восточно- и Западно-Каролинские котловины Тихого океана (научно-исследовательские суда «Витязь» и «Хакухо-Мару»). В эксперименте сравнивались данные эхолотирования, гравиметрической и магнитной съемок, проводилось глубинное сейсмическое зондирование.

Структурные различия крупнейших элементов земной коры континентов и океанов прослеживаются до глубин в несколько сотен километров (верхняя мантия). В пределах континентов толщина коры составляет 30—50 км, океана — 5—10 км (исключая слой воды). На материках обычно выделяется верхний слой коры с плотностью 2,7 г/см³ — «гранитный», состоящий из гранитов и различных метаморфических пород (гнейсы, кристаллические сланцы и т. д.). В некоторых местах он перекрывается осадочными породами мощностью от 1 до 5 км (иногда до 15 км). Под ним залегает «базальтовый» слой плотностью 3,0 г/см³, сложенный метаморфическими породами гранулитовой фации, основными и ультраосновными породами. В пределах океана «гранитный» слой отсутствует; под маломощным чехлом рыхлых осадков здесь обнаруживается лишь «базальтовый» слой мощностью 5—7 км. Ниже под так называемой поверхностью Мохоровичича располагается мантия — оболочка Земли с плотностью в верхней части 3,3—3,7 г/см³. В целом верхняя мантия сложена ультраосновными породами — перидотитами (под материками, возможно, и эклогитами). В верхней мантии обнаружен слой с пониженными скоростями сейсмических волн, который считается теперь основным источником магм и тектонической энергии. В зоне островных дуг этот слой поднимается к подошве коры. Под континентами и океанами его мощность и положение различны. Это свидетельствует о том, что под ними строение не только коры, но и мантии неодинаково.

В зоне контакта материков и океанов наблюдается разрыв сплошной коры. Активные тектонические процессы, идущие здесь, связаны с образованием островных дуг. Установлено, что от подошвы коры островных дуг на глубину до 700 км под материк проходит зона мощностью примерно 50—100 км, где сосредоточены очаги землетрясений, — фокальная зона.

В процессе советско-японского сотрудничества было накоплено значительное количество сравнимых геолого-геофизических данных о строении земной коры и верхней мантии северо-западной части Тихого океана. Собранные материалы позволили приступить к следующему этапу исследований — обобщению научных результатов по конкретным геофизическим проектам, один из которых называется «Геотраверсы западной части Тихого океана». Он предусматривает построение глубинного сечения земной коры и верхней мантии (геотраверса), проходящего через основные структурные элементы переходной зоны от Азиатского материка к Тихому океану.

В 1982 г. был опубликован «Геотраверс Сихотэ-Алинь — Японское море — остров Хонсю — Тихий океан».

На основе исследований (регистрация поверхностных и объемных волн от землетрясений и больших взрывов) в верхней мантии под Японским морем был выделен довольно мощный (свыше 100 км) слой с пониженными скоростями распространения как продольных, так и поперечных волн. Было установлено, что скорости распространения сейсмических волн в верхней мантии между материком и островной дугой меньше, чем под океаном, а поглощение энергии волн, наоборот, больше. При этом изменение скоростей при переходе от Японского моря к котловине Тихого океана происходит не постепенно, а резко. В пограничной зоне шириной 50—100 км как раз и сосредоточены

очаги большинства землетрясений.

Как показали исследования, проведенные методом взрывной сейсмологии (по записям объемных волн), в верхней мантии Северо-Западной котловины Тихого океана на глубине примерно 100 км скорости сейсмических волн составляют 8,4—8,6 км/с, в то время как под Японским морем на том же уровне они достигают всего 7,7 км/с. Это говорит о возможном резком изменении физических свойств мантии при таком переходе. Не исключено, что под котловиной вообще нет пластичной астеносферы, подобной той, которая находится под Японским морем.

Существование мощной астеносферы под Японским морем подтверждается геотермическими и гравиметрическими наблюдениями. Расчет глубинных температур по геотраверсу был проведен по общепринятой методике. Глубина залегания изотермы 1200°С под Сихотэ-Алинем составляет около 100 км (давление здесь превышает 30 кбар), под Японским морем и западной частью о. Хонсю (регион «зеленых туфов») глубина резко уменьшается примерно до 40 км (давление — 11—17 кбар), а в пределах Тихого океана она снова увеличивается до 100—120 км (давление — 30 кбар).

Наиболее полно выраженная зона частичного плавления залегает под Японским морем, где высоким температурам соответствуют низкие давления. Кроме того, ей, как показывают исследования, свойственна повышенная проводимость. Существует здесь и совпадение с магматическими проявлениями. В последние 25 лет они были характерны для областей, соответствующих наивысшему подъему изотермы 1200°С (Японское море и западная часть о. Хонсю). В Тихом океане (Северо-Западная котловина) магматическая деятельность проходила в основном более 100 млн. лет назад. Примерно тогда же она шла в Приморье.

Такова современная картина глубинного строения тектоносферы переходной зоны от Азиатского материка к Тихому океану, выявленная в результате совместных исследований советских и японских ученых.

Геофизические «спутники вниз»

Большому коллективу ученых и специалистов Министерства геологии СССР и Министерства нефтяной промышленности за создание и внедрение высокоинформативных импульсных методов широкополосного акустического и нейтронного каротажа для повышения эффективности поисков, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений присуждена Государственная премия СССР 1982 г.

В основе современного геолого-разведочного процесса лежит бурение глубоких (до 5—6 км) скважин. Получаемая там информация позволяет судить о наличии (или отсутствии) полезных ископаемых, их количестве, сложности их извлечения на поверхность.

Каким же образом геологи добывают эту информацию с больших глубин геокосмоса? Здесь на помощь приходят разнообразные геофизические методы исследования скважин — так называемые методы каротажа, основанные на регистрации электрических, электромагнитных, тепловых, акустических, гравитационных, ядерно-физических полей.

Методы делятся на пассивные и активные. Первые предполагают регистрацию естественных полей земных недр: гравитационный или магнитный каротаж, измерение электрического потенциала пластов, уровня естественной гамма-активности пород, сейсмоакустической энергии, выделяющейся при разнообразных геологических процессах, и т. д.

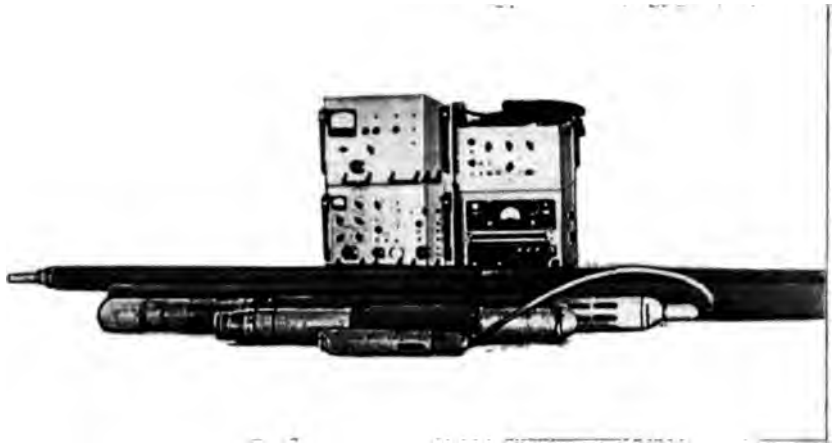
Вторые — возбуждение в скважине того или иного физического поля с помощью искусственного источника и исследование взаимодействия этого поля с окружающей геологической средой. Они могут быть электрическими, электромагнитными, акустическими, радиометрическими. Электрические и другие физические константы горных пород тесно связаны с геологическими характеристиками, в том числе продуктивностью пластов.

Каротаж скважин проводят специальными геофизическими приборами, которые представляют собой сложные физико-механические и электронные системы. Такие приборы (глубинные зонды) в случае активных методов включают не только детекторы, но и источники различных физических полей, а также электронные схемы. Аппаратура размещается внутри высокопрочных металло-рези корпусов, обеспечивающих ус вую ее работу при экстремальны модинамических условиях (те тура — около 200°С, давле 1500 атм). Эти особенности г ных зондов и позволяют геофи называть их «спутниками вниз».

Упомянутые методы в сочет геологическим анализом об горной породы (кернов), подн помощью специальных керно ников из скважины, и гидродин ским испытанием пластов поз в общем случае определять ме ложение нефтегазоносных пла разрезах, оценивать запасы ных ископаемых.

Часто подобные исследован

Малогабаритные импульсные нейтронные трубки



Аппаратура для широкополосного акустического каротажа

обходимо проводить в скважинах, обсаженных металлической колонной и цементным кольцом. Обсадка скважин делается для того, чтобы предупредить их боковое сжатие под действием геодинамического давления, а также разобщить продуктивные и непродуктивные пласты, например нефтегазоносные и водоносные.

В такой скважине геофизикам приходится изучать горные породы через слоистую железобетонную конструкцию. В этих условиях большинство известных методов не дает надежной информации о разрезе, поскольку металл экранирует многие физические поля.

Почему же нельзя исследовать скважины до спуска металлической колонны? Дело в том, что при бурении для выноса на поверхность измельченной горной породы используется промывочная жидкость, которая во многих случаях оттесняет нефть или газ от стенки скважины и маскирует истинное насыщение пласта.

Уметь проводить обследование в условиях обсаженных скважин нужно еще и для того, чтобы, во-первых, перманентно контролировать выработку продуктивных пластов в процессе их эксплуатации, например следить за перемещением границы (контакта) между нефтью (или газом) и водой, закачиваемой в пласты для интенсификации добычи; во-вторых, вести поиск ранее пропущенных продуктивных пластов, находящихся выше эксплуатируемого горизонта, доразведку действующих месторождений. Оба этих пункта в первую очередь относятся к огромному фонду уже действующих, а стало быть, и обсаженных скважин.

Вот почему у геофизиков были весьма веские причины для того, чтобы взяться за разработку новых методов, позволяющих получать информацию о свойствах геологического разреза в таких скважинах.

При этом необходимо было не просто «пробиться» через слоистый экран, но и собрать информацию о: 1) типе флюида, насыщающего пласт (вода, нефть или газ); 2) типе коллектора, содержащего этот флюид (пористый, трещинный или кавернозный); 3) литологическом типе пласта (песчаник, известняк, глина и т. п.); 4) степени пустотности пласта (коэффициент его пористости).

Кроме того, важно было научиться оценивать техническое состояние обсадной колонны, в первую очередь качество ее цементирования, а следовательно, и надежность разобщения продуктивных и непродуктивных пластов.

Еще в самом начале исследований ученым стало ясно, что одним даже самым совершенным методом весь этот круг задач решить нельзя.

Важно было найти такое сочетание методов, которое позволило бы эффективно изучать и элементарный состав флюидов-порозаполнителей (в первую очередь содержание хлора), и тончайшую структуру пустотного пространства горных пород. Тщательный анализ показал, что наиболее полную информацию о разрезах можно получить, объединив импульсные методы нейтронного и широкополосного акустического каротажа.

В основу подхода были положены принципы нейтронной и акустической (в широкой полосе частот) локации прискважинной зоны. Теоретические расчеты и тонкие физические эксперименты показали, что если в скважину поместить импульсный источник нейтронов и звуковой энергии и соответствующие детекторы, то с помощью специальной измерительной аппаратуры можно оценить пространственное, временно́е и спектральное распределение энергии нейтронного или акустического полей. Плотность потока вторичных нейтронов, возникающих при взаимодействии инжектированных частиц с горными породами, не зависит от конструктивных особенностей скважины и, в частности, от того, обсажена она или нет, а определяется в первую очередь концентрацией тех элементов, которые обладают аномальными сечениями захвата нейтронов атомными ядрами, например хлора.

Подбором времени задержек при регистрации нейтронов можно увеличить чувствительность метода к содержанию хлора во сколько угодно раз, а оно позволяет нам судить о том, что находится в пластах: нефть или минерализованная вода.

Спектрально-временно́й анализ акустических полей позволяет выделить из импульсного сигнала, прошедшего через горные породы, упругие волны различных типов (продольные, поперечные, поверхностные), оценить скорости распространения этих волн и т. д., что дает исключительно ценную информацию о физико-механическом состоянии массива пород, их тонкой структуре.

Специалисты разработали уникальную, не имеющую аналогов в зарубежной практике геофизическую аппаратуру, среди которой прежде всего следует отметить малогабаритные ускорители нейтронов. Основной элемент их конструкции — импульсная нейтронная трубка, включающая импульсный высоковольтный источник электронов с напряжением $2 \cdot 10^6$В, вакуумированную камеру и тритиевую мишень. При взаимодействии потока ускоренных электронов с мишенью во внешнюю среду излучается поток надтепловых нейтронов ($10^9 с^{-1}$) с энергией 14 МэВ.

Весьма сложные физико-технические проблемы были решены и при создании широкополосных акустических излучателей (полоса частот — 0,5—50 кГц). Здесь задача осложнялась противоречивостью требований: с одной стороны, излучатель должен быть высокопрочным, термобароустойчивым и малогабаритным, с другой — обладать минимально низкой добротностью, т. е. давать упругий импульс длительностью не более 1—2 мс.

В сравнительно короткие сроки был налажен серийный выпуск новой техники, и она была внедрена в основных нефтегазодобывающих регионах. Ее применение позволило создать принципиально новые системы контроля за разработкой месторождений нефти и газа, усовершенствовать технологию доразведки действующих скважин в старых нефтегазоносных регионах (в Волго-Уральском регионе в пределах эксплуатируемых месторождений выявлены новые запасы нефти, в результате снижена себестоимость разведочных работ и сохранены высокие темпы добычи), ускорить разведку месторождений на основе оптимального размещения разведочных скважин (например, в Западно-Сибирском регионе).

Широкоугольные аэросъемочные объективы для картографии

Идея использовать для составления карт фотографирование земной поверхности с летательного аппарата родилась, можно сказать, на другой день после изобретения фотографии. Уже в 1858 г., т. е. спустя всего два десятилетия после появления фотографии, француз Ф. Надар получил первый снимок земной поверхности с высоты 80 м.

Тем не менее прошло еще более 70 лет, прежде чем аэрофотосъемка стала основным и более рентабельным, чем наземная мензульная съемка, методом картографирования.

Длительное становление метода объясняется рядом причин. Использование авиации, позволяющей быстро менять точки фотографирования, предполагало определенный уровень ее развития. Кроме того, необходимо было повысить измерительные и изобразительные качества аэроснимка и производительность аэросъемочного процесса.

Решение двух последних задач требовало достаточно совершенной аэрофотосъемочной аппаратуры, в которой важная роль принадлежит оптике.

Упомянутая производительность зависит от ширины «маршрута» — ширины участка местности, охватываемого аэроснимком. Эта ширина определяется произведением двух величин: высоты полета (на первых порах она ограничивалась высотой, на которой экипаж самолета мог еще работать без кислородных приборов) и широкоугольности аэрофотообъектива (тангенса угла поля зрения).

Измерительные качества аэроснимка, влияющие на точность, с которой определяются положение точек на местности и их высоты, в свою очередь, зависят от величины искажений на нем, возникающих вследствие дисторсии объектива, — деформации изображения из-за неравномерного увеличения предметов объективом от его середины к краям.

Улучшить изобразительные качества аэроснимка, связанные с разрешающей способностью аэрофотообъективов, было необходимо для того, чтобы определять по нему стереоскопическим методом высоты точек.

Использовавшиеся первоначально для аэрофотосъемки обычные универсальные фотообъективы не удовлетворяли требованиям картографии ни по своим измерительным и изобразительным свойствам, ни по широкоугольности. В конце 20-х — начале 30-х годов аэрофотосъемка еще не могла конкурировать по рентабельности с наземной мензуальной съемкой.

К началу 30-х годов стало ясно, что для эффективного использования аэрофотосъемки как метода картографирования нужно создать специальные широкоугольные аэрофотообъективы. Однако в тот период решение этой задачи наталкивалось на ряд препятствий. Одной из главных была проблема, как обеспечить достаточно высокую освещенность изображения на краях аэроснимков и одновременно его высокое качество.

Почему же было трудно получить нужную освещенность на краю поля зрения? Дело в том, что даже в случае обычного отверстия ее величина меняется как четвертая степень косинуса половины угла поля (закон Ламберта). Так, освещенность изображения на краю при угле 100° — меньше 17% от освещенности в центре поля.

Добиться нужного качества изображения также было непросто: вычислительная оптика того времени не только не имела в своем арсенале приемов для исправления неэлементарных аберраций (искажений изображения, вызванных неидеальностью оптических систем) в широких наклонных пучках лучей, но просто игнорировала существование таких искажений. Вследствие этого даже при создании сравнительно «неширокоугольных» универсальных фотообъективов с полями зрения 50—60° приходилось прибегать к «отсечению» с помощью диафрагм частей пучка, вносящих большие неэлементарные аберрации, что приводило к дополнительному уменьшению освещенности на краях изображения.

Уместно вспомнить, что в 1931 г. на годичном собрании американского Оптического общества, в одном из докладов были сказаны такие слова (они отражают характерное для того времени мнение ученых по этому вопросу): «Бесполезно ожидать в ближайшее время выпуска объектива с фокусным расстоянием 100 мм, который мог бы покрыть негативы размером 175×225 мм или даже 125×175 мм*, но такой объектив был бы идеальным для картографических съемок в мелких масштабах».

Тем не менее в СССР под руководством М. М. Русинова уже в 1934—1935 гг. были созданы первые широкоугольные аэрофотообъективы «Лиар-6» (рис. 1) и «Руссар-1» (рис. 2) с полем зрения соответственно 100 и 110° (правда, освещенность изображения на краю поля у них падала до 5—6%). Это было выдающееся достижение, какого в то время не знала мировая оптическая промышленность.

В 1938 г. М. М. Русиновым было

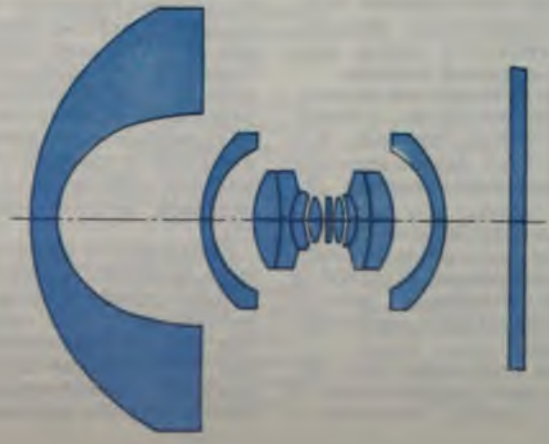


Рис. 1. Объектив «Лиар-6»

Рис. 2. Объектив «Руссар-1»

Рис. 3. Объектив «Руссар-29[5]»

Рис. 4. Объектив «Руссар-62»

* Это соответствует полю зрения 110 и 94°.

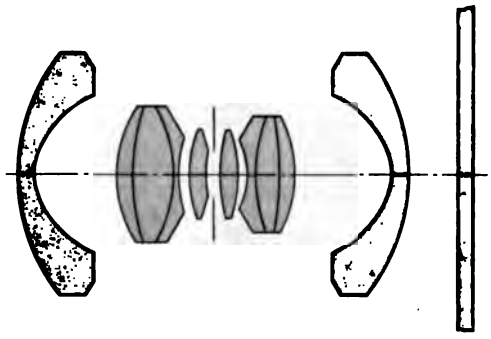


Рис. 5. Объектив «Руссар-71»

открыто явление так называемого аберрационного виньетирования, при использовании которого наблюдается не срезание наклонных пучков, а, наоборот, их расширение, улучшается светораспределение (освещенность меняется уже как третья степень косинуса половины угла поля).

Тогда же была создана принципиальная схема широкоугольного объектива с положительным аберрационным виньетированием, на основе которой был построен и апробирован объектив «Руссар-22», удостоенный в 1941 г. Государственной премии. Однако война отодвинула его внедрение.

В первые послевоенные годы были созданы усовершенствованные объективы третьего поколения «Руссар-29б» (рис. 3), «Руссар-30», «Руссар-31» и «Руссар-33» с полем зрения 120°. Аппаратура с этими объективами стала основной для аэрофотосъемок в масштабе 1:100 000; она позволила уже к середине 50-х годов завершить работы по съемке всей территории СССР в таком масштабе.

Дальнейшее увеличение поля зрения потребовало совершенствования системы с аберрационным виньетированием, что удалось сделать, используя наружные отрицательные линзы с глубокой несферической поверхностью. Для их изготовления были разработаны специальные оборудование и технология, а также контрольно-измерительные приборы.

Подобного рода объективы (четвертое поколение) «Руссар-38» с полем зрения 148° и «Руссар-62» (рис. 4) с полем зрения 136° нашли широкое применение при геологическом дешифровании.

В последние десятилетия особое значение приобрело крупномасштабное картографирование (1:10 000 и крупнее), что потребовало резкого улучшения качественных характеристик объективов.

При решении этой задачи был изучен широкий круг теоретических и практических проблем, связанных с коррекцией незлементарных аберраций. В результате была создана гамма высококачественных объективов пятого поколения «Руссар-68», «Руссар-71» (рис. 5) и «Руссар-80» с полем зрения соответственно 40, 103 и 120°.

Авторы этих работ, обеспечивших лидирующее положение советской аэросъемочной оптики в мире, доктор технических наук М. М. Русинов, А. Ш. Шахвердов, кандидат технических наук Н. А. Агальцова удостоены в 1982 г. Ленинской премии.

Инженерная геология — теория и практика

Коллектив авторов во главе с академиком Е. М. Сергеевым удостоен Ленинской премии 1982 г. за создание восьмитомной монографии «Инженерная геология СССР» (М., Изд-во МГУ, 1976—1978).

В этом фундаментальном труде характеризуются инженерно-геологические условия территории нашего государства, уделяется большое внимание особенностям, присущим конкретным регионам. Подобная публикация предпринята впервые: аналогичных ей не было ни у нас в стране, ни за рубежом.

Каждый из восьми томов, посвященный какому-либо отдельному региону и построенный по единому плану, помимо введения, содержит три раздела, в которых излагается история формирования данного региона, подробно описываются таксономические (классификационные) единицы различного ранга и обосновывается их выделение, обобщается опыт строительства и приводятся примеры изменения природной обстановки под влиянием антропогенной деятельности.

Обращаясь к истории инженерно-геологического развития регионов, авторы стремятся создать у читателя достаточно полное представление о том, как сформировалась современная геологическая обстановка. Важное место в работе принадлежит описанию опорных разрезов, элементов рельефа, расположения водоносных горизонтов, генезиса горных пород. Особое внимание уделяется геологическим процессам, протекавшим в голоцене. Как известно, в эту эпоху возникла современная широтная и высотная зональность, связанная с влаго- и теплообеспеченностью горных пород. На основе подобных материалов осуществляется инженерно-геологическое районирование, выделяются регионы первого и второго порядка. В случае необходимости вводятся и более мелкие подразделения, получившие название инженерно-геологических областей; это касается, в частности, Сибири.

Комплексную инженерно-геологическую характеристику получают все таксономические единицы. В работе отражено огромное количество данных по изучаемым территориям, содержатся справочные сведения большого объема. Конечно, различные регионы нашей страны изучены в инженерно-геологическом отношении далеко не одинаково; в некоторых из них исследования еще только разворачиваются. Естественно, полнота описания зависит от имеющегося фактического материала, который тем не менее подается в соответствии с единым планом.

И наконец, впервые для нашей страны суммируются все сведения по строительству инженерных сооружений, всесторонне обобщается многолетний его опыт. Авторы предпринимают попытку охарактеризовать с учетом инженерно-геологических особенностей регионов обратимые и необратимые природные изменения, возникающие под влиянием хозяйственной деятельности человека. В ряде случаев дается количественный и качественный прогноз развития территории в ближайшем будущем. К сожалению, подобных исследований проведено еще сравнительно мало.

Монография «Инженерная геология СССР» предназначена для широкого круга читателей. Всем томам присущ доступный, четкий стиль изложения. Содержащиеся в них материалы представляют несомненный интерес для специалистов самого различного профиля: геологов, почвоведов, мелиораторов, строителей и др.

Практическая значимость труда определяется тем, что собранные в нем обширные сведения несомненно найдут широкое применение при планировании размещения и развития народнохозяйственных объектов, проектировании строительства крупных инженерных сооружений, составлении программ изысканий в отдельных регионах.

«Инженерная геология СССР», что тоже немаловажно, уже стала незаменимым учебным пособием для подготовки высококвалифицированных специалистов для целого ряда отраслей народного хозяйства.

История, археология, этнография

Издание документов КПСС

Вышедший 14-й том сборника документов «КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК» (М., Политиздат, 1982)*, подготовленный Институтом марксизма-ленинизма при ЦК КПСС под общей редакцией К. У. Черненко и А. Г. Егорова, содержит документы, относящиеся к июню 1980 г. — ноябрю 1981 г. Материалы сборника отражают главное событие освещаемого периода, имеющее огромное историческое значение в жизни нашей страны и в развитии всего мирового революционного движения, — XXVI съезд Коммунистической партии Советского Союза.

Отчетный доклад ЦК КПСС, решения XXVI съезда содержат итоги пути, пройденного за последние годы, и конкретные установки на будущее, основные направления внутренней и внешней политики КПСС.

Документы сборника раскрывают гигантские масштабы, суть и глубину революционно-преобразующей деятельности Коммунистической партии, под руководством которой советский народ построил развитой социализм и уверенно идет по пути к коммунизму, тесную сплоченность ленинской партии, постоянно крепнущее социально-политическое и идейное единство советского общества, нерушимый союз рабочего класса, колхозного крестьянства и интеллигенции, братскую дружбу народов СССР.

Итоги развития народного хозяйства СССР за десятую пятилетку подтвердили правильность экономической стратегии партии. Наша страна существенно продвинулась вперед на всех направлениях созидания материально-технической базы коммунизма. Широкий размах приобрела научно-техническая революция. Более высокого уровня развития достигли производительные силы советского общества, советская наука занимает передовые позиции в важнейших областях знания.

Из материалов сборника видно, что Центральный Комитет уделял постоянное внимание сельскому хозяйству. Главным направлением аграрной политики партии в условиях развитого социализма является специализация и кооперирование сельскохозяйственного производства на базе межхозяйственной кооперации и агропромышленной интеграции.

Важное место в деятельности ЦК КПСС занимает руководство динамичным развитием промышленности. Первостепенное значение при этом партия придает повышению эффективности производства и качества труда, укреплению государственной и трудовой дисциплины на каждом участке производства, во всех сферах управления.

Из документов сборника видно, что КПСС много внимания уделяет вопросам дальнейшего укрепления своих рядов, совершенствования внутрипартийных отношений, стиля партийного руководства, организаторской и политической работы в массах. В них подчеркнута необходимость своевременной и активной поддержки всего нового, передового, что рождается в трудовых коллективах, укрепления связи с массами, развертываний критики и самокритики, улучшения идеологической, политико-воспитательной работы.

Как свидетельствуют материалы сборника, Коммунистическая партия и Советское государство последовательно и неукоснительно осуществляют задачу повышения благосостояния народа. Так, например, увеличена государственная помощь семьям, имеющим детей, улучшено социальное обеспечение населения. Повышены тарифные ставки и должностные оклады рабочих и служащих угольной и сланцевой промышленности, шахтного строительства.

Большое внимание уделяет партия всем формам всестороннего развития личности. XXVI съезд дал новый могучий стимул консолидации творческих сил, подъему духовной жизни общества.

КПСС, руководствуясь принципом пролетарского интернационализма, укрепляет братский союз стран социалистического содружества.

В документах, публикуемых в сборнике, отражена активная и целеустремленная борьба Коммунистической партии и Советского государства на международной арене за претворение в жизнь ленинской стратегии мира. Выдвинутая на съезде и дополняемая новыми инициативами ЦК КПСС Программа мира для 80-х годов указывает реальные пути ослабления угрозы войны, углубления разрядки, развития широкого сотрудничества государств с различным общественным строем в интересах социального прогресса

Эта политика пользуется широкой поддержкой прогрессивной международной общественности, всех людей доброй воли.

В Заявлении товарища Ю. В. Андропова сказано: «Наш курс по-прежнему нацелен на сохранение и упрочение мира, на разрядку напряженности, на обуздание гонки вооружений, на расширение и углубление сотрудничества между государствами. Такова неизменная воля Коммунистической партии Советского Союза, всего советского народа. Таковы, мы убеждены, и чаяния всех народов»*.

Развитие рабочего класса в социалистическом обществе

V совещание вице-президентов академий наук социалистических стран по общественным наукам (Берлин, май 1982 г.) единодушно присудило Международную премию за выдающиеся совместные исследования научному труду, интернациональному коллективу ученых из НРБ, ВНР, ГДР, СССР и ЧССР — авторам монографии «Развитие рабочего класса в социалистическом обществе. Интернациональные закономерности и национальные особенности» (М., Наука, 1982). В книге обобщается огромный опыт, накопленный рабочим классом мирового социалистического содружества в революционном созидании новых общественных отношений на принципах социализма и коммунизма.

В первой части книги публикуются работы члена Политбюро ЦК КПСС, секретаря ЦК КПСС К. У. Черненко — «Концентрированное выражение творческого потенциала и созидательной энергии рабочего класса (Некоторые вопросы деятельности КПСС в развитом социалистическом обществе)», кандидата в члены Политбюро ЦК КПСС, секретаря ЦК КПСС Б. Н. Пономарева — «Главная опора мира и социального прогресса», члена Политбюро ЦК СЕПГ, секретаря ЦК СЕПГ Курта Хагера (Kurt Hager) — «Общие закономерности построения развитого социализма и их учет в политике партии рабочего класса», члена Политбюро ЦК ВСРП, секретаря ЦК ВСРП Миклоша Овари (Miklós Óvári) — «Политика, выражающая коренные интересы трудящихся», вице-президента АН СССР, академика П. Н. Федосеева — «Реальный социализм и укрепление дружбы народов (К 60-летию Союза ССР)».

В этих работах показано, что рабочий класс социалистических стран стоит во главе общественно-исторического прогресса современного человечества. Именно его труд и социальная активность вносят решающий вклад в социалистическое и

* О предыдущих томах этого издания см.: ежегодник «Наука и человечество», 1975, с. 405—408; 1980, с. 362—363; 1983, с. 361. — *Ред.*

* Правда, 1983, 29 сентября.

коммунистическое переустройство мира. Успех же его деятельности, достижения социалистических стран в целом определяются тем, что осуществляемые в этих странах революционные преобразования общественной жизни протекают под руководством коммунистических и рабочих партий. Освещаются важнейшие проблемы деятельности марксистско-ленинского авангарда рабочего класса на современном этапе коммунистического строительства. Среди таких проблем выделяются: соединение научного социализма с рабочим движением как постоянная задача коммунистических и рабочих партий на всех этапах революционной борьбы и созидания нового общества; партийно-политическое обоснование стратегической линии социалистического общества, обеспечивающей строительство коммунизма в меняющейся обстановке современного мира; взаимосвязь партии и государства, укрепление связей партии с массами; развитие критики и самокритики в партии, во всем обществе; обеспечение высочайшей чистоты морального облика коммуниста в соответствии с формулой «Партия — ум, честь и совесть нашей эпохи».

В современных условиях нет сейчас более важной задачи, чем отстоять мир. В книге показывается, что надежда человечества на спасение его от неисчислимых бедствий третьей мировой войны, сама возможность всемирного социального прогресса неразрывно связаны ныне с тем, что существует могущественный мир социализма, для которого сохранение мира, политика мира являются естественными и органичными. В этой связи обстоятельно анализируются мирные инициативы СССР, намеченные XXVI съездом КПСС, миролюбивая внешнеполитическая деятельность социалистического содружества, нарастающее антивоенное движение во всем мире.

Последние съезды братских партий выявили общие закономерности построения развитого социализма. Учитывая опыт КПСС в научном обосновании стратегии и тактики строительства развитого социалистического общества, на съездах братских партий стран социалистического содружества были разработаны критерии, определяющие развитое социалистическое общество и отражающие как его единообразие, общие черты, так и многообразие, специфические особенности тех или иных социалистических стран. В книге показано, что все братские партии борются за одни и те же цели, руководствуются одними и теми же принципами.

Социализм создает основу всеобщего мира между народами всей своей созидательной внутренней и внешней политикой. Огромный вклад в эту основу вносит решение в условиях социализма национального вопроса. В книге обстоятельно показано, что решение этого вопроса в СССР и образование новой социальной и интернациональной общности — советского народа — явились результатом исторического развития, социального и культурного творчества широчайших народных масс, руководимых Коммунистической партией. Ведущую роль в этом процессе играл и играет рабочий класс.

Во второй части книги анализируется общее и особенное в развитии рабочего класса социалистических стран. Здесь прежде всего раскрывается международное значение успехов СССР и братских социалистических стран в решении социальных проблем и национального вопроса, освещаются великие революционные свершения современной эпохи, показывается научная несостоятельность буржуазных и ревизионистских измышлений о реальном социализме и современном рабочем классе. Большое место в книге занимает исследование основных направлений и факторов развития рабочего класса СССР, Болгарии, Венгрии, ГДР, Чехословакии.

Всесторонний анализ рабочего класса стран социалистического содружества позволяет авторам книги убедительно, теоретически и конкретно-статистически обоснованно раскрыть основные, интернациональные тенденции социального развития рабочего класса в период построения и дальнейшего совершенствования зрелого социалистического общества. В книге показано сближение основных элементов социальной жизни братских социалистических стран, превращение рабочего класса в большинство населения, формирование новых сфер труда рабочего класса и связанное с этим усложнение его структуры, расширение активной части рабочего населения, вовлечение женщин в общественное производство, прогресс общей и производственной культуры, играющий роль важнейшей предпосылки дальнейшего роста и качественного развития трудовой и социальной активности рабочего класса. Общими тенденциями развития рабочего класса социалистических стран являются также рост заработной платы и общественных фондов потребления, формирование нового типа потребления, развитие социально-культурного обслуживания, совершенствование социалистического образа жизни. Характеристика всех этих общих тенденций в книге является не только качественной, но и количественной. Каждая из них описывается соответствующими таблицами статистических данных, собранных в приложении.

Проведенное в книге исследование имеет большое не только теоретическое, но и практическое, идеологическое значение. Оно подтверждает принципиальные положения марксистско-ленинского учения о революционном обновлении современного мира, ведущей силой которого выступает рабочий класс.

Историческая миссия социалистического общества

Рождение социализма, его становление и развитие как общественного строя, его превращение в мировую систему, обладающую значительным влиянием на все международное развитие, — таков решающий компонент истории человечества в XX в. На практике подтверждается ленинский вывод: «Уничтожение капитализма и его следов, введение основ коммунистического порядка составляет содержание... новой эпохи всемирной истории» (В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 41, с. 425). Сказанное делает очевидной актуальность научного исследования роли Советского Союза и социалистического содружества в современном мире, различных граней решения рабочим классом, народами социалистических стран задачи создания коммунистического общества и международного значения этой деятельности. Именно этим вопросам посвящена монография профессора В. В. Загладина «Историческая миссия социалистического общества», выпущенная Политиздатом.

Историческая миссия социалистического общества рассматривается в качестве составной части исторической миссии рабочего класса вообще. Реализация же последней предполагает решение двух комплексов задач. С одной стороны, это ликвидация капиталистической системы эксплуатации, а с другой — создание основ нового общества, его развитие, построение социализма, а затем коммунизма.

Являясь продолжением исторической миссии рабочего класса досоциалистического периода, историческая миссия социалистического общества имеет собственное специфичное содержание. Одно дело — защищать трудящихся от произвола предпринимателей, добиваться свержения господства капитализма, уничтожения эксплуатации. Другое дело — создавать новое общество, овладевать искусством управления им, научной организацией производства и труда, искусством решения сложнейшей задачи — обеспечения условий для всестороннего развития каждой личности. Новое общество не могло просто повторять старые решения, найденные в условиях господства эксплуататорских общественных отношений, но должно было найти новые решения, адекватные сущности социалистического общества. П...
должен был внутренне и...
сам рабочий класс: во...
основы социалисти...
зрения, социал...
гии. Революцио...

укреплению армии и усилению ее боеспособности.

Во второй раздел сборника включены документы по военному строительству в 1921—1940 гг. После победоносного окончания гражданской войны Страна Советов получила возможность приступить к мирному созидательному труду. Однако партия учитывала, что международный империализм не изменил своей агрессивной сути. В этих условиях, как указывалось в циркулярном письме ЦК РКП(б) от 12 января 1921 г., армия должна быть сохранена, ее боеспособность должна быть повышена.

Задачи по обеспечению безопасности социалистического Отечества значительно расширились с образованием 30 декабря 1922 г. Союза Советских Социалистических Республик. Успехи, достигнутые советским народом в построении социализма, позволили партии и правительству в короткие сроки осуществить техническое перевооружение советских войск. Росту их боевой мощи во многом способствовало и укрепление армейских и флотских партийных организаций. Достаточно сказать, что только с 1939 г. до середины 1941 г. численность коммунистов в Вооруженных Силах возросла более чем в три раза и составила свыше полумиллиона человек.

Третий раздел содержит документы, относящиеся к периоду Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.). В эти годы партия развернула титаническую работу по превращению страны в единый военный лагерь, мобилизации всех материальных и духовных ресурсов на борьбу с врагом. Она стала поистине сражающейся партией, организовала и сплотила десятки миллионов советских людей, направила их энергию, волю и разум на достижение великой цели — победы над германским фашизмом и японским милитаризмом. Материалы этого раздела книги убедительно освещают деятельность партии по обеспечению прочного единства фронта и тыла для сокрушительного поражения агрессора.

Заключительный раздел книги охватывает 1945—1981 гг. Его материалы показывают, как росла боевая мощь Вооруженных Сил СССР за годы, прошедшие после Великой Отечественной войны. В них четко прослеживаются сложность и напряженность международной обстановки, коренные преобразования в Вооруженных Силах СССР, обусловленные научно-технической революцией, показываются важнейшие мероприятия КПСС по укреплению обороноспособности страны, дальнейшему развитию армии и флота.

Послевоенные годы характерны крупными изменениями в мире. Образовалась мировая система социализма. Изменение соотношения сил на международной арене в пользу социализма обусловило возможность предотвращения новой мировой войны. Вместе с тем КПСС ни на минуту не упускает из виду того, что обострение противоречий капитализма, утрата им былых позиций усиливают его агрессивность и авантюризм. Стремясь ликвидировать дух разрядки, вернуть человечество к временам «холодной войны», правящие круги США и НАТО в последние годы развернули невиданную гонку вооружений. В этих условиях КПСС, как подчеркнул XXVI съезд партии, делает все возможное, чтобы вывести человечество из-под угрозы ядерной войны, чтобы сохранить мир на Земле.

Мысль о том, что цель военной политики КПСС заключается в создании благоприятных условий для мирного строительства, обеспечении надежной защиты и безопасности стран социалистического содружества, укреплении мира во всем мире, развивается и в монографии «КПСС и военное строительство». В этом труде обстоятельно показана деятельность КПСС по укреплению оборонного потенциала Советского государства, его Вооруженных Сил, по усилению военного сотрудничества социалистических стран.

Проблемно-исторический подход к анализу руководства КПСС советским военным строительством и использование богатого фактического материала позволили авторскому коллективу глубоко раскрыть основные направления политической, организаторской и воспитательной работы партии в духе марксистско-ленинского учения о защите социалистического Отечества.

Авторы обстоятельно показывают силу и жизненность системы руководства советским военным строительством, ядром которой является Коммунистическая партия. Главное в партийном руководстве — выработка военной политики Советского государства, определение ее целей и задач, обеспечение постоянной связи с общепартийной политикой.

Весьма важное место в книге занимает анализ мероприятий ЦК КПСС, его Политбюро по повышению оборонного потенциала СССР. В историческом аспекте рассматриваются военно-экономические и научно-технические меры партии по обеспечению безопасности страны.

Специальная глава в монографии посвящена деятельности военных советов. Им принадлежит особая роль в строительстве армии и флота, обеспечении исторических побед Вооруженных Сил СССР над многочисленными врагами социалистической Родины. Ныне основу их работы составляет мобилизация личного состава на выполнение решений XXVI съезда КПСС.

Как о могучем оружии партии говорится в книге о партийно-политической работе. В анализе всего комплекса связанных с ней вопрос

исходят из указания В. И. Лен том, что «во всякой войне поб конечном счете обусловливаетс стоянием духа тех масс, котор поле брани проливают свою кр В современных условиях необ мость повышения эффектив этой работы диктуется обостре противоборства двух обществе систем, нагнетанием реакцион силами империализма междун ной напряженности, их стремле добиться военного превосходств

В отдельную главу выделен риал о деятельности КПСС по п товке, воспитанию и расстановк енных кадров. Партия всегда рас тривала военные кадры как р ющую силу в укреплении оборонс собности страны и повышении б товности армии и флота. В справедливо отмечается, что сег от военного руководителя требу глубокие знания марксистско-л ской теории, высокая эрудиция, фессиональная и техническая п товка, умение обучать и воспит подчиненных.

В заключительной главе мон фии глубоко освещена проб единства национальных и инте циональных задач защиты соци ма, рассмотрен процесс станов и развития военного сотрудниче армий братских стран. Общност социально-экономического и по ческого строя, единство марксис ленинской идеологии, целей, зад классовых интересов служат не лемой основой боевого содруже армий братских социалистиче государств.

Обе книги вносят заметный вкл разработку актуальных проблем р водства КПСС советским воен строительством, глубоко раскры источники непобедимости Воору ных Сил СССР, пути повышени боевой готовности и мощи в ц обеспечения защиты народов СС других государств социалистичес содружества.

Итоги и уроки второй мировой войны

В канун 60-летия образования С вышел в свет заключительный том «Истории второй мировой во 1939—1945»*, завершающий фу ментальное многотомное изда подготовленное Институтом вое истории Министерства обороны С совместно с Институтом маркси ленинизма при ЦК КПСС, Институ всеобщей истории и Институтом и рии СССР Академии наук СССР.

---

* О предыдущих томах этого т см.: ежегодник «Наука и человечес за 1975, с. 413; 1976, с. 374; 1977, с. 1978. с. 360; 1980, с. 365—366; 1 Ред.

…цен всестороннему раскрытию … и уроков войны, истоков и …рно-исторического значения …ы сил прогресса над силами …ми. В нем проанализирован в …ико-социологическом плане …ный фактический материал, …тельно показывающий величие …ь страны социализма, законо…сть нашей победы над фашист…Германией и ее союзниками, …сть ленинской политики всена…й защиты советской Родины. …мплексное исследование широ…круга проблем, связанных с …сторией второй мировой войны, …бщим ходом, результатами и …дствиями.

…рвой части тома — «Социально…ческие итоги войны» — анали…тся социально-политические …ия и факторы победы над …зом, подчеркивается авангард…оль Коммунистической партии …ского Союза в борьбе против …овской агрессии; показывается …в народных масс, движения Со…ления и антифашистского под…, вклад США, Англии, Франции и …к стран в общую победу над вра…бобщается ценный опыт полити…го и военного сотрудничества …рств с различным социальным …м в рамках антигитлеровской …ции; убедительно доказывается …омерность краха политических …м и идеологии фашизма и мили…ма.

…оры анализируют сложный про…изменения социально-политиче… характера второй мировой вой…ступление в войну Советского …в явилось началом второго пе… второй мировой войны, когда …есповоротно стала справедли…нтифашистской, освободитель…со стороны антигитлеровской …ции. Вместе с тем в книге отме…я, что правящие круги капита…ческих государств не отказа…от своих классовых политиче… и экономических интересов. …но по этой причине они долго …лись от выполнения союзниче…бязательств по открытию второ…онта в Европе, поддерживали …ионные и даже полуфашист…режимы, крайне враждебно от…сь к силам движения Сопро…ления.

…вным содержанием второй ми… войны, как совершенно спра…во подчеркивается в томе, была …непримиссная борьба между Со…зом Союзом и фашистской Гер…ей, двух диаметрально противо…ных политик и идеологий, а …ая Отечественная война стала …ейшей составной частью второй … войны. В ней решался …о существовании первого в …алистического государства, …ировой цивилизации.

…й мировой войны еще …, что народные массы как подлинные творцы истории сыграли решающую роль в превращении второй мировой войны из империалистической в справедливую, освободительную со стороны антифашистской коалиции. Убедительно разоблачается полная несостоятельность реакционных буржуазных теорий, принижающих роль народных масс в истории, в том числе и в войнах.

Одним из основных итогов и уроков войны является суровое предупреждение любому агрессору о том, что с помощью военной силы нельзя решить исторический спор с социализмом в свою пользу. В суровые дни испытаний особенно отчетливо проявилось превосходство советского общественного и государственного строя над строем буржуазным, раскрылись огромные возможности, заложенные в природе социализма, творческие способности рабочего класса, колхозного крестьянства и интеллигенции. Монолитное единство Коммунистической партии и советского народа явилось одним из решающих факторов великой победы.

Превращение страны в единый военный лагерь позволило решить такие важнейшие задачи, как срыв плана «молниеносной войны», подготовка и осуществление коренного перелома в ходе войны, освобождение советской территории, временно захваченной фашистами, а затем и оказание непосредственной военной и экономической помощи народам европейских стран.

Важным итогом прошедшей войны является и то, что в ходе ее была продемонстрирована не только необходимость, но и возможность тесного сотрудничества всех миролюбивых, прогрессивных сил в борьбе против агрессии, в защиту мира и демократии независимо от общественного и государственного строя различных стран. В современных условиях необходимость подобного сотрудничества для решения жизненно важных международных проблем неизмеримо возросла.

Во второй части тома — «Экономические итоги войны» — анализируются результаты экономического противоборства участвовавших в войне государств, показывается решающий вклад экономики СССР в достижение победы, подчеркивается превосходство экономической системы социализма над капиталистической, рассматривается милитаристский характер экономики Германии и Японии.

Материалы вышедших ранее томов позволяют авторскому коллективу сделать вывод, что в ходе минувшей войны особенно резко возросла степень подчинения народного хозяйства нуждам войны. Социалистическая экономика оказалась более мобильной и маневренной, способной быстрее перестраиваться и оперативнеи реагировать на изменяющиеся запросы. Она продемонстрировала способность достаточно полно и наиболее эффективно использовать материальные ресурсы в интересах обеспечения нужд фронта.

Победа в войне была одержана отечественным оружием, разработанным советскими людьми и созданным на советских предприятиях. В результате огромной работы по широкому развертыванию военного производства наша страна обогнала в выпуске вооружения противника, а по танкам, минометам и автоматическому стрелковому оружию — и такую экономически мощную страну, как США. Определенную роль в оснащении Советских Вооруженных Сил сыграли и поставки по ленд-лизу. Однако эта помощь была весьма незначительной — всего около 4 процентов производства промышленной продукции в СССР.

Важнейшим итогом второй мировой войны явилось и то, что страны фашистского блока потерпели не только военное и политическое, но и экономическое поражение в противоборстве с антигитлеровской коалицией.

В третьей части тома — «Вооруженные силы и военное искусство во второй мировой войне» — авторский коллектив анализирует состояние вооруженных сил государств — участников войны, ход вооруженной борьбы и развитие военного искусства; показывает неоспоримое превосходство военной организации СССР, советского военного искусства над военной организацией и военным искусством противника, вскрывает особенности военной организации буржуазных стран антигитлеровской коалиции, а также полное банкротство военных доктрин фашистского блока.

Вооруженной борьбе в годы второй мировой войны были присущи такие черты, как внезапность нападения со стороны агрессоров, коалиционный характер борьбы, ведение военных действий во всех сферах (на суше, на море и в воздухе), наличие массовых армий широкое применение различных видов боевой техники.

Характер военных действий определялся и резким увеличением маневренности, повышением активности и напряженности, упорной борьбой за стратегическую инициативу, возрастанием глубины операций, темпов продвижения войск, совершенствованием форм и способов стратегических действий, достижением конечных стратегических целей путем последовательного решения ряда промежуточных задач в ходе кампаний и крупных стратегических операций.

Итоги вооруженной борьбы являются убедительным доказательством того, что действия Советских Вооруженных Сил против армий фашистской Германии, милитаристской Японии и их союзников составили главное содержание военного противобор-

ства коалиций в годы второй мировой войны и оказали решающее влияние на ее ход и исход.

В ходе войны подтвердились преимущества Советских Вооруженных Сил, опирающихся на передовой общественный строй, высокие морально-боевые качества личного состава, научные методы военных действий. Высокий уровень советского стратегического руководства определялся ленинским стилем работы командования и штабов, партийным подходом ко всем вопросам развития и боевого использования войск.

В четвертой части — «Мир после войны» — раскрываются основные проблемы послевоенных лет, влияние результатов войны на изменение соотношения сил в мире в пользу социализма, значение победы над фашизмом для мирового революционного процесса; убедительно доказывается закономерность итогов второй мировой войны и необходимость помнить ее уроки, показывается связь итогов и уроков минувшей войны с проблемой предотвращения новой мировой войны.

Победа прогрессивных сил над силами реакции ускорила процесс общественно-политического развития в мире, связала воедино антифашистскую освободительную борьбу с борьбой против агрессивных сил империализма и его союзников, за национальное и социальное освобождение.

Итоги и уроки второй мировой войны убедительно свидетельствуют, что защита завоеваний народов от агрессивных происков империализма — необходимое условие социального прогресса и мира на земле во имя будущего всего человечества.

Предотвращение новой мировой войны, достижение прочного мира — вполне реальная задача. Такой вывод сделали КПСС и другие марксистско-ленинские партии, исходя из всестороннего анализа новых явлений и основных тенденций общественного развития.

Все, кто поднимает сегодня свой голос против безумной гонки вооружений, в защиту мира, как говорится в Заявлении Ю. В. Андропова, могут быть уверены, что на достижение именно этих целей направлена политика Советского Союза, других социалистических стран.

Наши помыслы и устремления воплощаются в конкретных предложениях, направленных на то, чтобы добиться решающего поворота к лучшему в международной обстановке. Советский Союз будет и впредь делать все возможное, чтобы отстоять мир на земле.

Послеколониальный Восток: начало необратимых перемен

Одна из главных методологических проблем изучения стран, освободившихся от колониальной зависимости, — представляют ли эти государства, взятые в целом, определенную общность, или же, возможно, они конгломерат. Без ответа на этот вопрос практически невозможен анализ нынешней социально-экономической ситуации и перспектив развития значительной части бывшего колониального мира. Поэтому именно с его исследования начинает свою книгу «Восток после краха колониальной системы» (М., Наука, 1982) академик Е. М. Примаков.

В период колониализма общими признаками данных стран являлись отсутствие фактической независимости (хотя они и подразделялись на колонии, полуколонии и т. д.), положение эксплуатируемого придатка (рынки сбыта, сфера приложения капитала), аграрно-сырьевая специализация в международном капиталистическом разделении труда. После ликвидации колониальной системы часть этих признаков исчезла; на смену им пришли другие, во многом несхожие с прежними. Например, нет возможности свести освободившиеся страны в одну группу по признаку однородности установившихся в них режимов — в разных странах эти режимы представляют интересы различных классов и социальных слоев. После освобождения еще больше увеличился разрыв в уровнях развития между отдельными государствами, и это обстоятельство тоже не способствует объединению их в единое целое. Однако по сравнению с развитым капиталистическим миром их связывает общий относительно низкий уровень экономического развития, особое место в мировой экономике, обусловленное положением эксплуатируемой «периферии» мирового капитализма, наличие многоукладной экономики. Немаловажный момент — и особенности их внешней политики (приверженность принципам неприсоединения, коллективная борьба за новый международный экономический порядок). Таким образом, делает вывод автор, можно со всей очевидностью говорить о наличии общих черт, делающих эти государства определенной исторической общностью и на современном этапе. Но этот вывод вовсе не идентичен утверждению о существовании некоего «третьего мира», якобы идущего по особому пути формационного развития. При определении общности развивающихся государств надо исходить из двух основополагающих моментов: факта разделения современного мира на две противоположные общественно-политические системы и сути современной исторической эпохи как переходной от капитализма к социализму.

Следовательно, подобная историческая общность — освободившиеся страны — является переходной. В монографии указывается, что действует тенденция постепенного «размывания» этой группы за счет перехода отдельных государств из нее в мировую социалистическую систему либо в категорию развитых капиталистических стран, хотя, конечно, такое «размывание» — длительный по времени исторический процесс.

Особое место в работе уделено социально-экономической дифференциации освободившихся государств и закону неравномерности развития. Недостаточное внимание ученых к этой проблеме в прошлом объясняется в определенной мере тем, что процессы дифференциации ощутимо проявились не сразу. Осязаемо и быстро они проступают практически с 70-х годов. Вместе с тем такое недостаточное внимание было связано и с недооценкой воздействия на афро-азиатский мир законов мирового капиталистического хозяйства, главным образом открытого В. И. Лениным закона неравномерности развития капитализма при империализме, во многом предопределившего неоднородность, зигзагообразность развития освободившихся стран. В данной дифференциации проявляется как неравномерность развития капитализма на монополистической стадии в целом, так и неравномерность роста «молодого» капитализма в самих развивающихся государствах.

Следует одновременно отметить, что, несмотря на некоторое ускорение темпов экономического роста в осво-

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. *Новая американская пушка. Искусство уничтожения людей развивается гораздо быстрее, чем способы продления человеческой жизни. В окрестностях Нью-Йорка собираются произвести опыты над новой 25-тонной пушкой. Пушка эта имеет 7,6 метра длины и снабжена тремя зарядными камерами; каждая камера заряжается 13 килограммами пороха. Заряды воспламеняются постепенно; первый заряд служит для сообщения снаряду первого толчка, остальные две камеры воспламеняются при проходе мимо них снаряда. Рассчитывают, что ядро, брошенное такой пушкой, будет в состоянии пробить 60-сантиметровую броню на расстоянии 24 километров.*

«Техник»

бодившемся мире, за последние десятилетия нет оснований для вывода о существовенном сближении между капиталистическим «центром» и «периферией» по общему объему производства и его структуре. Кроме того, определенный экономический динамизм создается в основном за счет довольно высоких темпов валового внутреннего продукта и диверсификации* хозяйственной структуры лишь в небольшой группе развивающихся стран, подавляющая же их часть остается экономически инертной. В целом разрыв продолжает углубляться. Только с 1950 по 1980 г. разница в среднем доходе на душу населения между развитым капиталистическим и развивающимся миром возросла в 2,4 раза. К 2000 г. этот разрыв достигнет двенадцатикратного уровня. Экономическая «помощь» Запада, деятельность транснациональных корпораций построены таким образом, чтобы не только оставить молодые государства в орбите своего влияния, но и увековечить практику извлечения сверхвысоких прибылей. Финансируются только те объекты, в продукции которых заинтересован империализм и которые, как правило, не служат интересам органичной индустриализации стран Востока. В книге приводятся неопровержимые факты, свидетельствующие, что империалистические государства через посредство транснациональных корпораций не только финансируют свое экономическое развитие за счет освободившегося мира, но и получают средства для новых внешних капиталовложений. Об уровне вывозимых прибылей наглядно говорит деятельность американских многонациональных компаний. В 70-е годы за каждый доллар, вкладываемый в освободившиеся государства, они вывозили более семи долларов.

Империализм стремится втянуть развивающиеся страны в гонку вооружений, переложить на них часть военных расходов. Благодаря агрессивной империалистической политике Запада за период с 1965 по 1980 г. доля молодых государств в мировых расходах на вооружение возросла с 6,3 до 16 процентов. На вооружения непроизводительно расходуются громадные валютные средства, которые могли бы быть вложены в экономику, в закупку передовой технологии. По подсчетам, приводимым в книге, расходы освободившихся стран на приобретение патентов и лицензий составляли в конце 70-х годов 9 млрд. долларов в год. В то же время на военные приготовления они тратили ежегодно более 60 млрд. долларов, т. е. сумму, почти в семь раз превышающую стоимость импорта технологии. Эти факты также свидетельствуют о том, насколько не заинтересован империализм в экономическом процветании освободившегося мира. Поэтому на современном Востоке все в большей и большей степени проявляется не только несогласие с политикой неоколониализма и империализма, но и прямое ей противодействие. Это видно и в движении неприсоединения, и в требованиях установления нового мирового экономического порядка, и в растущей популярности идей научного социализма.

Некапиталистический путь, социалистическая ориентация стали реальностью в афро-азиатском мире. Ленинская теория перехода отсталых стран к социализму, минуя капиталистическую формацию, была воплощена еще в практике социалистического строительства на окраинах царской России, в Монголии и после второй мировой войны в тех азиатских государствах, где совершалась социалистическая революция. В 60-е годы, исходя из качественного изменения в соотношении сил на международной арене, выразившегося в образовании мировой системы социализма, коммунистическое движение выдвинуло идею возможности социалистической ориентации освободившихся государств под прямым руководством революционной демократии. Начало такого развития не обязательно совершается при наличии авангардных марксистско-ленинских партий. Другая отличительная черта толкования некапиталистического пути, которое было дано в 60-е годы, заключается в допущении того, что страна во время некапиталистического перехода может находиться в рамках мирового капиталистического хозяйства, хотя постоянно углубляющиеся экономические связи с миром социализма продолжают оставаться непременным условием.

Разумеется, осуществление на практике идей социализма в странах современного Востока встречает большие трудности. Как указывает автор, лишь несколько из них в ходе или после освобождения начали социалистическую революцию. Среди остальных — основной массы молодых государств — отнюдь не все встали на путь социалистической ориентации и не все, вставшие на этот путь, удерживаются на нем, некоторые отступают, движутся вспять. Большинство освободившихся стран либо продолжает, либо начинает свое развитие по пути капитализма. Однако весь этот многоплановый процесс в общем не стабилизирует мировой капитализм послеколониальный Восток не является и не будет его резервом Даже значительное развитие капитализма в целом ряде освободившихся государств не укрепляет мировую капиталистическую систему. Напротив, оно расширяет и углубляет существующие и порождает новые противоречия мирового капитализма. Общая тенденция развития, а она является определяющей, такова, что события на Востоке в целом работают на подрыв мирового империализма и в конечном счете служат торжеству идей социализма во всемирном масштабе.

Общественная мысль и национальное освобождение в развивающихся странах

Закономерности развития общественной мысли и идеологии различных политических движений в освободившихся странах Востока долгое время оставались сравнительно малоизученными областями современного востоковедения. Между тем эти закономерности существенно влияют на социальное обновление афро-азиатского мира, на пути его дальнейшего развития, усвоение передовыми революционными силами социалистических идей, на перспективы социалистической ориентации. В последние годы ученые-марксисты сделали немало, чтобы восполнить этот пробел. Важным шагом в данном направлении оказался и сборник статей, подготовленный совместно учеными СССР и ГДР, «Актуальные проблемы идеологии национально-освободительного движения в странах Азии и Африки» (М., Наука, 1982).

Круг проблем, рассматриваемый авторами, чрезвычайно широк, и это в достаточной степени характеризует спектр развернувшихся ныне в марксистской науке исследований. В книге освещаются вопросы сочетания национального и интернационального в освободительной борьбе, анализ особенностей революционно-демократической идеологии в странах социалистической ориентации, критический обзор идеологических концепций неоколониализма и деятельности Социалистического интернационала в Азии и Африке в 70-е годы. Важное место отведено политическому самосознанию пролетариата, месту классов и классовой борьбы в концепциях правящих политических сил, религиозному фактору в общественной жизни развивающихся стран, «мусульманскому социализму», идеологическому обоснованию движения за неприсоединение.

Через всю книгу проходит основная мысль, свидетельствующая о растущей дифференциации идейных течений в национально-освободительном движении. Об этом говорит весь опыт идейно-политической борьбы в 60—70-е годы. В немалой степени данная тенденция обусловлена серьезным изменением позиций и роли национальной буржуазии. До завоевания независимости она выступала как общенациональная сила В ее идеологии доминировала антиимпе-

---

* *Диверсификация* (от позднелат. **diversificatio** — изменение, разнообразие), **расширение** объектов деятельности, **номенклатуры** продукции. — *Ред.*

риалистическая и антифеодальная направленность. В условиях независимого развития буржуазия в основном уже перестает быть выразителем общенациональных интересов: они приходят в противоречие с ее собственными классовыми интересами. Соответственно намечается превращение буржуазной идеологии в тормоз на пути развития прогрессивной мысли, поскольку всем идейным течением буржуазии в большей или меньшей степени присуща антикоммунистическая направленность.

Характерно, что во многих странах современного Востока происходит вытеснение буржуазных идейных представлений мелкобуржуазными. Последние включают несколько типов: и левоэкстремистские течения, и революционно-демократические, которые зачастую уже выходят за рамки мелкобуржуазности, и идейные течения, пытающиеся совместить интересы собственника и труженика. Причины подобного размежевания кроются в многоукладном характере экономики развивающихся стран, в том, что данные государства переживают переходный период в своем социально-экономическом развитии. Получившие в настоящее время столь широкое распространение мелкобуржуазные идеи о возможности совмещения несовместимого — интересов собственника и труженика отражают особенности нынешней социальной структуры большей части афро-азиатского мира. В этой структуре крестьянство, а также городские промежуточные социальные слои по своей численности занимают доминирующее положение. Сказались специфика социальной психологии этих слоев, закономерности и особенности развития самой общественной мысли. К ним относятся, например, наличие исторически сложившихся народнических традиций, сравнительно устойчивых утопических представлений патриархального крестьянства о социальной справедливости, традиционных идей о так называемом среднем пути развития, присущих наиболее распространенным религиям Востока — исламу и буддизму.

Самостоятельность мелкобуржуазных идеологий весьма относительна. Авторы указывают, что их характер и эволюция во многом зависят от того, с какими социальными силами вступают в коалиции те или иные мелкобуржуазные группировки. Если они вступают в союз с группами буржуазии, еще отражающими общенациональные интересы, то рождаются идейные течения, которые находятся справа от революционно-демократических, но сохраняют ряд прогрессивных, антиимпериалистических и антимонополистических черт; эти течения ориентируются в конечном счете на развитие капитализма некоего национального образца. В тех же случаях, когда мелкая буржуазия выступает в коалиции с пролетарскими и полупролетарскими слоями, ее идеологию отличают сохранение революционных черт идеологий народнического типа, революционный демократизм и социалистическая ориентация.

Революционно - демократические идейные течения современности составляют важный этап на пути формирования классового самосознания трудовых слоев населения, подготавливающий их к восприятию научного социализма. Расширению сферы воздействия социалистических идей на общественно-политическую мысль развивающихся стран способствует изменение самого комплекса проблем, вокруг которых идет идейная борьба.

В связи с выдвижением на первый план вопросов экономической самостоятельности и дальнейшего общественного развития растет интерес к опыту социалистических государств. Революционным демократам близка антикапиталистическая сущность социалистических преобразований. В этом заключается одно из существенных отличий социалистической ориентации революционных демократов от «национальных социализмов».

Прогрессивную общественность афро-азиатского мира все больше привлекает в научном социализме и опыте социалистических государств возможность преодоления вековой отсталости и решение других национальных проблем в кратчайшие исторические сроки. Отдельные неудачи и поражения в странах социалистической ориентации не могут изменить общего процесса углубления национально-демократических революций под руководством революционной демократии, при поддержке широких масс трудящихся, международного коммунистического движения и мирового социализма.

Интеллигенция Азии и Африки

На первом этапе самостоятельного национального развития молодых государств Азии и Африки в общественном сознании определенной части населения этих стран существовало представление, будто бы ведущая роль в процессе социально-экономического обновления принадлежит так называемой модернизаторской элите. Данная точка зрения старательно поддерживалась и теоретически обосновывалась идеологами и политиками неоколониализма. Под понятием «модернизаторской элиты» одни западные теоретики и их последователи в афро-азиатских странах подразумевали «вестернизированных интеллигентов», т. е. лиц, получивших современное образование и ведущих западный образ жизни, другие — представителей новых средних слоев, а третьи имели в виду различные социальные группировки, входящие в правящую элиту, — политиков, администраторов, технократов, армейских офицеров и т. п. Далее, для перехода от отсталого традиционного к индустриальному современному обществу, по мнению буржуазных авторов, необходимо принятие населением развивающихся стран западной системы ценностей, а также заимствование ими основных политических институтов и норм. Таким образом, процесс модернизации освободившихся государств под пером неоколониалистских теоретиков превращался в процесс их «вестернизации», т. е. перестройки всех сфер общественной жизни по западным образцам. Что же касается основной движущей силы этого процесса, то под ним, как уже сказано, подразумевались те группы населения, которые получили западное образование и заняты интеллектуальным трудом.

В новой коллективной монографии советских востоковедов «Интеллигенция и социальный прогресс в развивающихся странах Азии и Африки» показана полная несостоятельность подобных утверждений. Практика самостоятельного национального существования и развития освободившихся государств наглядно свидетельствует, что одной модернизаторской элите (какие бы социальные общности ни подразумевались под этим понятием) не под силу решение тех грандиозных задач, которые стоят перед афро-азиатским миром в областях экономического, политического и культурного строительства. Необходимо вовлечение десятков миллионов простых людей в производственную деятельность, преодоление их общественной пассивности и апатии, пробуждение политического сознания и политической активности. Без этого невозможно ни создать объективные условия, ни подготовить субъективные предпосылки для осуществления национального возрождения и социального прогресса. Общественно-политическая роль интеллигенции, как показывает опыт развития освободившихся стран, теснейшим образом связана со степенью вовлеченности в политическую жизнь значительных масс населения, с возможностью эффективного внедрения политических идей и программ в широкие слои трудящихся. Передовая национальная интеллигенция в странах Азии и Африки тесно связывает перспективы прогрессивного развития и углубления революционного процесса с повышением политической зрелости и активности широких слоев трудящихся.

Авторы монографии подчеркивают, что социально-классовые полюсы процесса мобилизации масс в конечном счете определяют и неодинаковое участие в нем национальной

интеллигенции, относительно единой в прошлом, все более размежевывающейся в настоящее время. Если либеральные, пробуржуазные группировки интеллигенции связывают свою судьбу с задачами государств капиталистической ориентации, то наиболее передовые отряды национальной интеллигенции — революционные демократы — все более решительно и недвусмысленно ставят сегодня свои идеи и свой организационный опыт на службу целям социалистически ориентированного развития. Важнейшая функция революционной интеллигенции заключается в привнесении в массы революционного сознания. Однако массы не являются механическими и пассивными носителями ее идей. Они, беря на вооружение выдвинутые интеллигентами лозунги, воспринимают их через призму собственного опыта борьбы. Теория, преобразуемая в идеологию, обогащается практикой массового движения, стремится наиболее полно выразить его потребности. Поэтому революционная интеллигенция, выступая в качестве выразителя социальных интересов различных общественных групп, сильна именно своими связями с массами. И в то же время она помогает массам избавляться от устаревших, внушенных им привилегированным меньшинством взглядов и предрассудков, без чего они не в состоянии выполнить свою историческую миссию.

Каким бы значительным интеллектуальным потенциалом ни обладала та или иная национальная группа революционной интеллигенции, вне связи с трудящимися массами, без их постоянной поддержки она, даже если видит открывающиеся перед революционным движением возможности, не в состоянии их успешно реализовать. Более того, чем глубже и кардинальнее предстоящий этап прогрессивных преобразований, тем более широкие массы должны заинтересованно и сознательно участвовать в их осуществлении. Оптимальный вариант «сцепления» активного меньшинства с трудящимися слоями реализуется лишь на уровне создания боевой авангардной партии трудящихся. Подобная партия, овладевая теорией марксизма-ленинизма, постепенно превращается в политический, идейно-теоретический и организационный авангард масс, отстаивающий их кровные интересы в борьбе за победу национально-демократической революции и социалистической ориентации.

В заключение авторы отмечают, что марксистско-ленинская социология ни в коей мере не принижает важные общенациональные, мобилизационные и интеграционные функции интеллигенции в сфере идеологии, политики, культуры. Однако лидирующие социальные функции национальной интеллигенции, в том числе политическое лидерство, отнюдь не тождественны классовой гегемонии в революционном процессе. Деятельность многих видных представителей немарксистской интеллигенции афроазиатских стран отражает в первую очередь социальные интересы различных общественных классов и групп (средних городских слоев, крестьянства, непролетарских слоев, рабочего класса, пауперов и т. п.). Иными словами, не обладая общенациональной силой в качестве замкнутой корпоративной группы, интеллигенция и ее лидеры превращаются в решительного выразителя, трибуна и участника социальных движений, если они органически связывают свою общественную миссию с коренными революционными преобразованиями.

Буржуазная историография о национальных отношениях при социализме

Решение социализмом национального вопроса — одно из крупнейших достижений нашего века, имеющее огромное международное значение. Сейчас в мире насчитывается от двух до трех тысяч народов, находящихся на различных стадиях консолидации (племя, группа племен, народность, нация). Подавляющее большинство из них — до 90% — живет и развивается в рамках многоэтнических, многонациональных государств. Пример социалистических стран, прежде всего самого многонационального из них — Советского Союза, отметившего свой 60-летний юбилей, обладает большой притягательной силой для народов Азии, Африки, Латинской Америки, где национально-освободительные, антиимпериалистические движения нередко перерастают в борьбу против всякой эксплуатации, а также для народов развитых капиталистических стран, где ширится движение против расовой дискриминации и ущемления национальных прав, за равноправие всех народов.

Стремясь «нейтрализовать» силу этого примера, дискредитировать в глазах народов мира перспективу некапиталистического пути развития, буржуазные идеологи выдвигают всевозможные концепции, представляющие в искаженном свете историю национальных отношений при социализме, теорию и практику социалистического решения национального вопроса. Чрезвычайно актуальной в этих условиях становится задача разоблачения антинаучной, фальсификаторской сущности таких концепций.

Заметный вклад в решение этой задачи вносит книга кандидата исторических наук З. С. Чертиной «Национальные отношения при социализме в буржуазной историографии США» (М., Наука, 1982). В работе на основе глубокого изучения американской литературы 70-х годов дается критический анализ таких современных западных теорий наций и национальных отношений, как теории «модернизации», «роста национализма», «этничности» и «этнической стратификации», вскрывается научная несостоятельность попыток отождествить национальные отношения при социализме и капитализме.

При всем внешнем разнообразии этих теорий их объединяет общая методологическая основа, заключающаяся в стремлении оторвать национальные отношения от социальных факторов общественного развития, придать им извечное, самодовлеющее значение. Национальный вопрос рассматривается вне связи с конкретной исторической обстановкой, с характером социально-экономических отношений. Так, теория «модернизации», призванная ее создателями дать универсальное объяснение развитию современной эпохи, полностью игнорирует способ производства, формы собственности, социальную природу государства. Авторы этой теории утверждают, что всеобщая «модернизация» «традиционного» общества должна быть результатом «приобщения к западным институтам и ценностям», а это приведет к усилению роли национального фактора, распаду многонациональных государств и, следовательно, к торжеству буржуазного национализма над социалистическим интернационализмом. Опираясь на конкретный исторический материал, автор монографии показывает несбыточность подобных расчетов, что вынуждены признать и некоторые из буржуазных исследователей.

Значительное место в книге отведено новым тенденциям в истолковании историками и социологами Запада этнических факторов общественного развития. Согласно теории «этничности» призыв к этническим чувствам будет играть в «постиндустриальном обществе» большую роль, чем призыв к классовой борьбе в связи с «обуржуазиванием» рабочего класса. Как отмечается в монографии, размах выступлений рабочего класса в 70-е годы в странах капитала опрокидывает и эти расчеты. Тем более они беспочвенны в условиях социализма, где у власти стоит рабочий класс, верный своим принципам интернационализма.

Обращение к историческим фактам, к рассмотрению общественных процессов и явлений, происходящих в экономической, социальной, политической, культурной и других областях общественной жизни Советского Союза, позволяет автору всесторонне раскрыть основные тенденции развития наций и народностей нашей страны, убедительно показать научную несостоятельность буржуазной историографии этого вопроса.

История восточного славянства

К 1500-летию Киева издательство «Наука» выпустило две крупные монографии, объединенные общей темой: Киевская Русь и исторические судьбы восточных славян. Тематически и хронологически они дополняют друг друга.

Книга академика Б. А. Рыбакова «Киевская Русь и русские княжества XII—XIII вв.» (М., 1982) посвящена истории древнерусского государства, его истокам, возникновению и позднейшей истории вплоть до татаро-монгольского завоевания. Она представляет собой как бы итог его более чем сорокалетних исследований истории первого государства восточных славян, сыгравшего столь большую роль в исторических судьбах народов Восточной Европы. Вместе с тем исследование дает и новые аспекты этой темы, которые были предложены автором в последние годы. Таково, например, выяснение праистории древнерусских государственности и этноса. Автор видит истоки формирования Руси в двухтысячелетней истории первобытнообщинного строя на Восточно-Европейской равнине. В середине I тысячелетия до нашей эры восточная часть праславянства была описана Геродотом под именем скифов-пахарей, сколотов, борисфенитов. После сарматского господства в южных степях во II—IV вв. вновь наступил значительный подъем славянского мира на Днепре, на этот раз связанного экономически с Римской империей. К ранним временам восходит и существование союзов племен в южной, лесостепной части Руси, но к середине I тысячелетия нашей эры они формируются и в лесной зоне (радимичи, вятичи). Древний русский племенной союз, однако, охватывал только три группы южных племен, наследников древней земледельческой пахотной культуры — русов, полян и северян. С подъемом славянских земель в IX в. связано перерастание племенных союзов в раннефеодальную государственность, объединившую сначала половину восточнославянских земель, а затем (X в.) и все их.

Исследование основано на большом комплексе источников — археологических, письменных, этнографических и лингвистических, части из которых посвящена особая глава. Здесь специально рассмотрены летописи, позволяющие выделить древнейший летописный свод 997 г., первоначальный текст Вводной части „Повести временных лет", повествующей о событиях всего первого тысячелетия нашей эры, в которую была внесена англо-саксонская легенда о призвании князей. Былины также являются предметом пристального внимания автора как «народный устный учебник истории», причем сохранившийся в новгородской передаче. Они сообщают о большом числе исторических лиц, действовавших в X—XIII вв., как русских, так и половецких, и татарских, хотя события, начиная с XII в., хуже отражены в этом источнике. Однако реалии былин находят подтверждение и в летописных сведениях, и в данных археологии, и в граффити киевского Софийского собора. Из восточных источников большой интерес представляют сведения ал-Идриси (1154 г.), которые основаны на сочинениях IX—XI вв. и ценны для определения путей сообщения на Руси и топонимики Южной Руси, а также Худуд ал-Алем (982—983 гг.) — труда, содержащего уникальные материалы по исторической географии славян и других народов Восточной Европы.

Государство Русь, сложившееся к IX в. в результате объединения приднепровским союзом племен других племенных княжеств, представляло собой организацию господства киевского великого князя (царя, хаканаруса), фактического собственника тех земель, на которых он «со своими русами» собирал дани в форме полюдья, в сочетании со сложной системой вассалитета племенных — «светлых» и более мелких князей. Становление древнерусской государственности происходило на территории восточных славян не единовременно, а прежде всего на юге, в землях полян и русов, наследников «царства» земледельцев-борисфенитов. «Находники»-варяги появились в Восточной Европе в IX в., когда шел процесс формирования и укрепления государства, ускорившийся в ходе борьбы с «находниками» на севере и кочевниками на юге.

Для X — начала XI в. характерны организация домениального княжеского хозяйства, укрепление государства, формирование фискально-административной структуры (становища, погосты), внешнеполитические успехи, связанные с походами Игоря и Святослава, официальное принятие христианства и создание церковной организации.

XI — начало XII в. — время расцвета Киевской Руси. Она представляла собой огромную державу, включавшую наряду с восточнославянскими иноязычные народы, также объединенные, вероятно, в устойчивые союзы племен. Это время отмечено развитием феодальной вотчины, ростом числа княжеских и боярских замков и городов, обострением социальных и классовых конфликтов, крестьянскими и городскими восстаниями, созданием „Русской правды", княжеских церковных уставов, „Повести временных лет" и других летописных сводов.

Единство Русской земли в XII в. сменила новая политическая форма — выделились полтора десятка суверенных княжеств, каждое из которых равнялось крупному королевству Западной Европы, со своими княжескими династиями, городами, игравшими важную политическую роль, епископскими кафедрами. Этот период истории Руси нашел отражение в новых источниках, таких, как княжеские грамоты и уставы, княжеские и боярские летописи, „Слово о полку Игореве" и другие.

В заключение в книге дается история отдельных княжеств (Киевского, Черниговского, Северского, Галицко-Волынского, Полоцкого, Смоленского, Владимиро-Суздальского и Новгорода Великого), изложенная как бы в связи с событиями „ Слова по полку Игореве".

Историческое значение Киевской Руси определяется тем, что с ней было связано формирование феодальной формации, господствовавшей затем в течение длительного времени, что она объединила сотни славянских и других племен в едином государстве, крупнейшем в Европе, что в нем была создана древнерусская народность, находившая выражение в общем литературном языке, общей культуре, национальном самосознании. Эта народность стала основой формирования трех народов-братьев: украинцев, русских и белорусов.

Книга богато иллюстрирована новыми картами, планами городов, произведениями древнерусского искусства и архитектуры, археологическими находками.

Книга члена-корреспондента АН СССР В. Т. Пашуто и докторов исторических наук Б. Н. Флори и А. Л. Хорошкевич «Древнерусское наследие и исторические судьбы восточного славянства» (М., Наука, 1982) продолжает исследование Б. А. Рыбакова. После страшного разорения ордами монголо-татарских ханов Русь в своем развитии была отброшена назад, погибло и было вывезено большое количество населения, разрушены целые города, ряд ремесел и производств прекратили свое существование. Значительная часть древнерусских княжеств утратила свой государственный суверенитет, они были разделены и включены в состав Золотой Орды, Литовского великого княжества и Речи Посполитой.

Авторы монографии показывают, какую роль играли традиции Древней Руси среди тех факторов, которые способствовали в XIV—XVII вв. национальному возрождению восточнославянских народов, борьбе за свержение иноземного господства, образованию Русского централизованного государства, воссоединению восточнославянских народов.

Первая часть книги «Возрождение Великороссии и судьбы восточных славян» посвящена историческим судьбам северовосточных земель, на которых было создано Русское централизованное государство. Древнерусские традиции национально-освободительной борьбы были использованы в новых условиях подъема севе-

ровосточных земель и их защиты от наступления раннефеодального Литовского княжества, нового этапа открытой борьбы с Ордой и победы на Куликовом поле, изменившей соотношение сил Руси и Орды. Существенную роль в идеологической борьбе Москвы с удельно-княжеской оппозицией и особенно с соседними державами, захватившими восточнославянские земли, сыграли идеи единства древней Русской земли, воссоединения всех ее частей и значение Москвы как преемницы Киева.

Во второй части монографии «Исторические судьбы белорусских и украинских земель в XIV — начале XVI в.» на документальном материале воссоздается картина сохранения и развития в Литовском великом княжестве древнерусского социально-экономического, политического и культурного наследия в ходе синтеза раннефеодального строя Литвы с развитыми институтами и письменной христианской культурой западнорусских земель. В XIV—XV вв. возродились политические и культурные связи великорусских, украинских и белорусских земель. Их поддерживали феодальные круги, в них втягивалось купечество; способствовало их укреплению и периодическое возобновление единства церковной организации, культурный обмен книгами, памятниками летописания и литературы.

В третьей части труда «Древнерусские традиции и борьба восточнославянских народов за воссоединение» показаны те изменения во взаимоотношениях трех братских народов, которые были связаны с созданием новой сильной державы — Русского государства с центром в Москве. Для этого времени особенно характерно внимание к истории Древней Руси, Киева, славян «до пришествия Рюрика», что находило выражение в создании новых исторических трудов, устанавливавших прямые права великих князей Владимирских, а затем Московских на русские земли, не входившие еще в состав их великого княжения. Однако воссоединение с Россией встречало сопротивление не только литовских и польских политиков, но и украинского и белорусского магнатства, и лишь мещанство городов вместе с казачеством явилось той силой, которая в ходе народно-освободительного движения на Украине и в Белоруссии привела в середине XVII в. к воссоединению и поддерживала его и позднее. В первой половине XVII в. в украинском обществе проявляется живой интерес к своему древнерусскому прошлому, его истории, памятникам литературы и архитектуры, общим с братским русским народом. Стремление к воссоединению с Россией заметно и в широких слоях белорусского народа.

Как показано в книге, древнерусское наследие имело важное значение для всех трех народов: в России оно содействовало национальному возрождению и формированию нового государства, на Украине и в Белоруссии — национальному сохранению. Оно послужило в конечном итоге их воссоединению при решающей роли России.

Международный археологический симпозиум

В апреле 1982 г. в Душанбе в рамках Международной ассоциации по изучению культур Центральной Азии (МАИКЦА, проект ЮНЕСКО) проходил симпозиум «Потребляющие и производящие типы хозяйства в период неолита на территории Центральной Азии». В работе симпозиума приняли участие видные ученые Англии, Афганистана, Венгрии, Индии, Италии, Китая, Монголии, Пакистана, США, Турции, ФРГ. Советский Союз был представлен специалистами из Москвы, Ленинграда и Новосибирска, из республик Средней Азии.

Симпозиум открыл президент МАИКЦА, президент АН Таджикской ССР М. С. Асимов. Он отметил крупные успехи, сделанные в последнее время в центральноазиатском регионе учеными стран Азии, Западной Европы, Америки, Советского Союза. В изучаемый регион входит и Таджикистан, где накоплен и обобщен значительный материал по неолитической гиссарской культуре. Все эти открытия необычайно важны для определения характера и особенностей зарождавшихся здесь цивилизаций. Рекомендации, выработанные на этом симпозиуме, послужат решению основной научной задачи МАИКЦА — созданию капитального труда «История цивилизаций Центральной Азии», работа над которым уже началась под эгидой ЮНЕСКО силами индийских, китайских, афганских, монгольских, пакистанских, советских ученых, а также специалистов из ряда стран Западной Европы и США. «Мы надеемся, — сказал М. Асимов, — что наша совместная работа продемонстрирует дух единения и подлинного научного сотрудничества».

На симпозиуме было заслушано 12 докладов, по которым развернулись дискуссии. Выступления по докладам, как правило, содержали много ценного научного материала, важных обобщений, конструктивных идей.

В докладе первого вице-президента МАИКЦА А. Х. Дани (A. H. Dani, Пакистан) «Проблема неолита и формы культуры в Пакистане» говорилось о том, что вряд ли правомерно утверждать, будто культура распространялась из одного центра. Сходные исторические процессы протекали неодновременно в разных местах. Выступая против термина «неолитическая революция», Дани предложил термин «неолитизм», который, по его мнению, должен отразить более длительный и сложный эволюционный процесс, выражавшийся в постепенной замене старых форм хозяйства новыми в разных географических областях. Докладчик подробно остановился на группах неолитических памятников Пакистана, приведя их новую датировку.

Доклад доктора исторических наук Р. Мунчаева (СССР) «Становление производящей экономики в Средней Азии» содержал сравнительный анализ ранненеолитических культур Средней Азии и Месопотамии (в последней на основе данных, полученных советско-иракскими экспедициями).

Член-корреспондент АН Туркменской ССР В. Массон в докладе «Формирование культур нового типа в эпоху становления производящей экономики и социальный прогресс» отметил, что переход от потребляющего хозяйства к производящему происходил в Передней Азии в VIII—VII тыс. до н. э. В это время здесь появляются оседлые поселения, развивается ремесло. Накоплен новый обширный материал, который позволяет выявить соотношения земледелия, скотоводства и собирательства. Докладчик определил степень изученности материала, полученного в Передней Азии и центральноазиатском районе, выделил более ранние этапы производящей экономики в джейтаунской культуре и важные в этом отношении находки в поселении Мергар.

Профессор Р. Брейдвуд (R. Braidwood, США) в докладе «Начальная стадия производящего хозяйства в «плодородном полумесяце» Ближнего Востока» выявил несколько этапов в процессе изучения раннеземледельческих культур ареала, в который входят Ирак, Иордания, Сирия и Палестина. Различные типы производящего хозяйства на указанной территории он поставил в зависимость от той роли, которую играли в них земледелие и скотоводство. По новым данным Ближний Восток был древнейшей областью одомашнивания животных и растений. Брейдвуд придерживается концепции радиального распространения новых форм экономики.

На симпозиуме говорилось о существовании трех больших культурно-хозяйственных зон в Средней Азии, относящихся к рассматриваемой эпохе: 1) зона оседлого земледелия и скотоводства — материалы джейтаунской культуры; 2) зона степной охоты, рыболовства, собирательства и частично скотоводства — кельтеминарская культура; 3) зона горного скотоводства, собирательства и охоты — гиссарская культура Таджикистана. Подчеркивалась необходимость проведения экспериментально-трасологических исследований, накопления материалов для конкретизации разных форм хозяйства в Средней Азии в эпоху неолита.

В докладе профессора М. Тоси (M. Tosi, Италия) «Начальная стадия производящего хозяйства в Иране и

Афганистане» предложен новый вариант объяснения наличия африканского сорго в Белуджистане. Он считает, что наличие земледелия в эпоху неолита на Оманском побережье свидетельствует о вероятности того, что именно через Оман осуществлялись хозяйственные связи между Африкой и Индостаном.

Дж. Шарма (G. Sharma, Индия) в своем выступлении сообщил о новых мезолитических и неолитических находках в среднем течении реки Ганг. Костные остатки принадлежат одомашненным и диким животным. Были обнаружены и несомненные свидетельства культивации риса, индийская разновидность которого стала основным источником питания здешнего населения уже в VI тыс. до н. э.

В выступлениях подчеркивалось, что до недавнего времени исследователи относили так называемую неолитическую революцию к VI тыс. до н. э. В дальнейшем эту датировку, по-видимому, следует углубить до X—VIII тыс. до н. э. в силу того, что обнаружены относящиеся уже к этой эпохе следы одомашнивания растений и животных. Таким образом, можно говорить и о мезолитической революции. Высказывалось мнение о необходимости конкретизированного исследования применительно ко всему Старому Свету в целом, более узко — к Юго-Западной Азии, к конкретным районам изучения; о начале процесса урбанизации в Древнем Таджикистане в связи с интенсивным развитием культуры его населения в эпоху бронзы и раннего железа.

Индологом, доктором исторических наук Н. Гусевой была предложена новая гипотеза о ведическом напитке сома. Древние арьи-скотоводы знали кисломолочные продукты, которые при брожении приобретают алкогольные свойства. Сома мог быть молочным самогоном.

На симпозиуме подчеркивалось, что в процессе расселения по областям с холодным климатом все более заметную роль в хозяйстве человека стала играть овца. На основе получения такого сырья, как шерсть, развивалось шерстопрядение и шерстоткачество, что приводило к профессиональной специализации женщины.

В своем заключительном выступлении профессор В. Массон сказал, что в прослушанных докладах и сообщениях в целом выявилась близость точек зрения исследователей на то, что переход к производящим типам хозяйства был решающим моментом древней истории человечества. Он подчеркнул важность конкретно-исторического подхода к исследованию как общих закономерностей истории человечества, так и развития отдельных этносов или их групп, создававших локальные цивилизации.

Кочевники средневековья

В 1982 г. издательством «Наука» выпущена в свет монография доктора исторических наук С. А. Плетневой «Кочевники средневековья» под редакцией академика Б. А. Рыбакова.

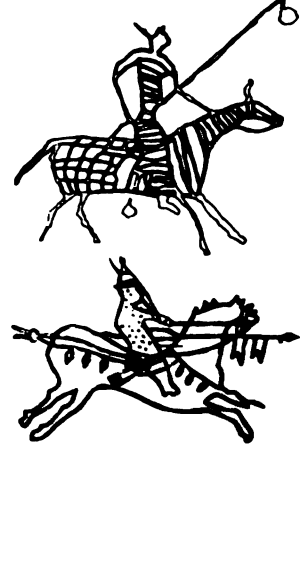
Как известно, кочевничество возникло на рубеже II—I тысячелетий до н. э. Оно пришло на смену пастушеско-скотоводческому образу жизни, распространенному в эпоху бронзы. По существу, кочевничество было новым типом экономики и хозяйства, основанным на постоянном выпасе скота и вынужденном перемещении всего населения вслед за стадами. Подобный тип ведения хозяйства распространился в степных и лесостепных, полупустынных и тундровых зонах. Выделяется несколько основных регионов, где издавна существовало кочевничество и частично сохранилось до наших дней. К ним относятся пояс степей Евразии, тибетский, африканский, тундры Северной Азии и другие. Для каждого из них характерны свой состав стад, что, естественно, зависит от природных условий, а также особенности в хозяйственной, экономической и социальной организации населения. Но существуют и определенные закономерности, имеющие общее значение для всех кочевнических сообществ. Автор рассматривает их на примере наиболее полно и всесторонне изученных кочевников степей и лесостепей Евразии.

В истории европейских и азиатских народов кочевники сыграли заметную роль. Неоднократно орды кочевников приходили в движение, обрушивались на земледельческие государства, разоряли или уничтожали их, проходили огромные пространства, достигая южных рубежей Руси, Центральной Европы на западе и Северного Китая на востоке. Об этом известно по рассказам из летописей и хроник, по свидетельствам средневековых историков и поэтов.

По мнению автора, в истории кочевников могут быть выделены три стадии, в той или иной степени характерные для всех регионов, включая степи Северной Америки. Первая основана на круглогодичном выпасе скота. Хотя причины такого образа жизни и ведения хозяйства могли быть разными, цель перекочевок всегда сводилась к захвату новых пастбищ. У обществ с так называемым таборным кочеванием был определенный состав стада, в котором преобладали подвижные животные, в основном лошадь, и редко встречался крупный рогатый скот. Его чаще угоняли при набегах на поселения земледельцев. Если по каким-то причинам, будь это засухи, снежные зимы или постоянные нападения соседей, пастбищ становилось недостаточно, кочевники вынуждены были передвигаться в поисках новых земель. В этих передвижениях участвовало все население. Они имели вид медленного, но неуклонного нашествия, во время которого шел захват обширных территорий; существовавшее же там население частично оказывалось уничтоженным, а частично присоединялось к кочевникам. Вовлеченное в движение кочевников население способствовало изменению состава орд, возникала новая этническая общность, менялась и материальная культура, однако оставалось без изменений вооружение воинов, которое было достаточно совершенным для того времени и обеспечивало удачное ведение войн.

Таборное кочевание, связанное с постоянным движением, не оставляло следов в виде поселений с культурным слоем или погребений. Умерших, особенно вождей, было принято хоронить тайно, чтобы могилы, которые сородичи не могли охранять, не подвергались грабежу и осквернению. От этого времени сохранились только отдельные погребения, найденные случайно. Поэтому об этих кочевниках больше известно по письменным источникам. Примером этого типа кочевания являются знаменитые гунны или хунну, огнем и мечом прошедшие во II—IV вв. от Северного Китая до Центральной Европы, откуда они угрожали многим европейским государствам. Для обществ на первой стадии кочевания характерны многоэтничность и многоязычность, разнородность в материальной культуре и совершенство вооружения, военная демократия, когда власть принадлежит выборным вождям.

Вторая стадия кочевания связана с освоением захваченных земель, иногда ее называют временем «обретения родины». Теперь земли, где обитают кочевники, ограничены, способ ведения хозяйства полуоседлый. Изменяется состав стада; в нем уже значительную часть составляет крупный рогатый скот. Возникает ряд поселений, где постепенно развивается земледелие. Происходит разложение военно-демократического строя, появляется родовая знать и бедное население, занятое главным образом земледелием. В это время изменяется и характер войн. Теперь это набеги, рассчитанные на получение бо-



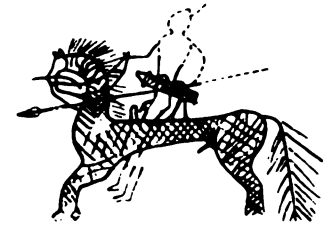
Золотой сосуд и его фрагменты. Надьсентмиклошский клад, Венгрия IX в.

Всадник в доспехах. Гора Хар Хад, Монголия, VI—VII вв.

Сулекская писаница. Хакассия, Южная Сибирь, VIII в.

Всадник на камне из Маяцкого городища. Воронежская область, IX в.

Болгарский конник. Изображение на камне стены Преслава — столицы Первого Болгарского царства, X в.



гатой добычи, рабов для продажи или больших откупов. Во главе отдельных орд и объединений нескольких орд стоят ханы, определяющие внешнюю и внутреннюю политику.

На второй стадии кочевания появляются зимние и летние поселения, где сохраняются культурный слой или остатки жилищ. Известны также постоянные могильники, обычно они размещались около зимников. Как считает автор, через эту стадию кочевания прошло все население степей.

Третья стадия кочевания наступает, когда в степи появляются крупные ханства, большие города, в которых правящая знать занимала отдельные участки и создавала своего рода феодальные замки. Большая часть населения занималась земледелием или ремеслами. Власть в степных государствах, именовавшихся каганатами, стала наследственной. Начавшееся еще на второй стадии кочевничества этническое объединение завершалось. Образование и усиление государственной власти сопровождалось возникновением единой религии, сменившей шаманизм и культ предков первых двух стадий кочевания.

Систематизация закономерностей в истории кочевников позволила автору труда составить три модели, отражающие социальные, экономические и культурные процессы и соответствующие трем стадиям кочевания. Располагая даже отдельными признаками или разрозненными археологическими фактами, исследователь может, пользуясь этими моделями, определить степень развития рассматриваемого кочевнического сообщества. В этом заключается ценность работы С. А. Плетневой. Отдельно рассматривается положение об отношениях кочевников и земледельческого населения. Автор поддерживает мнение ряда ученых, что круглогодичное кочевание не было постоянным состоянием, оно имело место только во время нашествий. Очень рано, еще на своей первой стадии кочевания, население степей стало зависеть от земледельцев, было тесно связано с ними. Это и явилось основой преобразований в кочевнических сообществах, которые привели к созданию государств в степи.

Древности Приморского края

Ярким, богатым, удивительно многообразным предстает далекое прошлое советского Приморья по мере развития исследований историков, археологов и этнографов на Дальнем Востоке. В 1982 г. подведены итоги пятилетних раскопок остатков Лазовского городища, находящегося в 80 км от знаменитого ныне Шайгинского городища, также построенного и заселенного древними жителями Приморского края — чжурчжэнями. Около десяти веков назад они создали мощное государство, в XIII в. приняли на себя первые удары монгольской армии Чингисхана, лишь после долгой неравной борьбы остатки их были загнаны завоевателями в тайгу, где образовали племена, с которых ведут начало орочи, удэге и другие народности современного Дальнего Востока.

Лазовское городище чжурчжэни построили в начале живописной долины, в самом узком ее месте, что в страте-

гическом отношении имело важное значение и делало эффективной оборону всей долины и прилегающих сопок. Крепость была обнесена валами высотой до 15 м, общей протяженностью свыше 2 км. Сохранились подножия оборонительных башен, на которых располагались камнеметные машины. Судя по письменным источникам, для обороны здесь использовались новые для той эпохи средства, вплоть до чугунных пороховых бомб, весьма эффективных, несмотря на простоту устройства: хрупкая чугунная оболочка при взрыве разлеталась на множество осколков, смертоносных для противника.

Вообще, судя по раскопкам Лазовского, Шайгинского и других городищ, археологи и историки пришли к заключению: для своего времени чжурчжэни прекрасно владели чугунолитейным производством. Если в Европе массовое применение чугуна отмечается с конца XIV — начала XV вв., то в государстве чжурчжэней чугун стал массовым материалом на 100—200 лет раньше, причем здесь ремесленники отливали из чугуна не только орудия для обработки почвы и предметы домашнего быта, но даже уникальные музыкальные инструменты в виде колокольчиков.

Искусство чжурчжэньских мастеров проявлялось в оригинальных способах изготовления и ремонта оружия. Например, они делали для боевых стрел «самозатачивающиеся» наконечники с сердечником из твердой стали и тонкой оболочкой из мягкого железа. Широко используя после отливки изделий чеканку, гравировку, позолоту и серебряную инкрустацию, мастера превращали доспехи воинов, одежду, украшения, бытовую утварь в подлинные произведения искусства.

Раскопки Лазовского городища открыли новые богатейшие возможности для изучения культуры и быта коренного населения Приморья. Это городище не было разграблено после гибели государства чжурчжэней, оно чудом уцелело среди пожарищ и разрушений после победы монгольских завоевателей. Археологи полагают, что весь гарнизон этой крепости ушел на помощь Шайгинскому городищу, окруженному кольцом осады, и больше люди сюда не возвращались.

Раскопками Лазовского городища руководит заведующий лабораторией физико-технических методов исследований Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока кандидат исторических наук В. Д. Леньков. Археологические находки исследуются комплексно. Так, изделия из металлов подвергаются металлографическому анализу для выяснения способов их обработки, особенностей ковки, плавки, горновой сварки, штамповки, применявшихся древними мастерами.

Благодаря спектральному анализу металлов устанавливаются места добычи руды, исходная сырьевая база древнего производства. А оно таит немало загадок. Так, современные металлурги, познакомившиеся с котлами чжурчжэней, признали, что изготовить такие вещи сейчас — весьма непростая задача. Дальнейшие исследования древностей Приморья, видимо, принесут еще много нового, неожиданного, интересного не только археологам и историкам.

Важное открытие сделано на крайнем севере Приморского края. У берегов Чукотки в проливе Сенявина на острове Ыттыгран обнаружен комплекс сооружений из длинного ряда черепов гренландских китов, вкопанных прочно в землю вдоль береговой линии, и параллельного ему ряда столбов из китовых челюстей, возвышающихся на 4—5 м. Исследование вела группа специалистов разных профилей: этнографы, археологи, историки Тихоокеанского Севера, экологи, географы, лингвисты. Его результаты обобщены в монографии «Китовая аллея» (М., Наука, 1982), написанной доктором исторических наук С. А. Арутюновым, кандидатом географических наук И. И. Крупником и кандидатом исторических наук М. А. Членовым. Установлено, что загадочные монументальные сооружения на маленьком островке в Беринговом море, потребовавшие невиданных в условиях Арктики затрат времени, сил (а значит, в экономическом плане — соответствующего прибавочного продукта в распоряжение строителей), сделали древние эскимосы между XIV и XVI вв. Такой вывод существенно меняет прежние представления об общинах оседлых охотников Севера, якобы тратящих все силы на тягчайшую борьбу с суровой природой за существование.

Эскимосам принадлежит особое место в культурной истории человечества. За последние четыре тысячи лет эскимосы выработали своеобразную технологию охотничьих промыслов в Арктике, обеспечив по-своему удобный образ жизни в экстремальных природных условиях. Сложные формы их социальной организации, материальной и духовной культуры достигли, пожалуй, высшего уровня, какой только возможен в условиях присваивающего охотничьего хозяйства, а в других районах мира стал возможен лишь на основе производящего хозяйства скотоводов и земледельцев.

Сравнительно небольшая народность — около 100 тысяч человек — расселилась на огромной территории Арктики: от Гренландии и Лабрадора через Аляску до Чукотки. В самом богатом по промысловым ресурсам районе севера Берингова моря культура эскимосов достигла наивысшего расцвета и всегда очень чутко реагировала на изменения природной среды.

Около шести веков назад, в период высшего изобилия природных ресурсов этого района, произошел как бы всплеск социальной и культурной жизни зверобоев Беринговморья. В общинах эскимосов развиваются новые потребности, очевидно, уже не находящие удовлетворения в прежних формах обрядов и искусства, оставшегося при филигранном развитии косторезного мастерства всегда миниатюрным по размерам произведений. И тогда в проливе Сенявина сооружается святилище, где эскимосы-китобои регулярно собирались для взаимных угощений, трапез и свершения обрядов тайного мужского союза.

Трудно сказать, как развивались бы дальнейшие события, если бы не резкое похолодание климата Арктики, ухудшившее условия морского промысла, потребовавшее коренных перемен традиционного хозяйства китобоев, связанных с переходом к сухопутной охоте на животных тундры. Китовая аллея была забыта. Она осталась уникальным памятником, по которому современные исследователи могут судить о сложных, неоднозначных процессах развития и распада первобытного общества.

Забытые системы письма

Так называется выпущенная издательством «Наука» (М., 1982) коллективная монография, посвященная расшифровке древних текстов, дошедших до нас от цивилизаций Индостана, Маньчжурии, острова Пасхи. Ответственный редактор и один из авторов ее доктор исторических наук Ю. В. Кнорозов известен у нас и за рубежом фундаментальными исследованиями языка рукописей древних майя, а ныне возглавляет коллектив ученых, работающих над дешифровкой протоиндийской письменности. Результаты этих изысканий на определенном этапе оказались в значительной мере близкими или созвучными тем исследованиям, которые ведутся в области познания ряда других неизвестных текстов, весьма далеких как географически, так и хронологически от письменности древнейшей цивилизации в долине Инда (около трех-двух тысяч лет до н. э.).

Современные исследования древних письмен могут ознаменоваться успехом лишь в том случае, если они ведутся на широкой комплексной основе (лингвистика, этнография, археология, математика и т. д.). Однако и этого еще недостаточно. Весь опыт данной отрасли научных знаний свидетельствует о большом и порой решающем значении методологических и методических позиций исследователя, в поисках аналогий здесь нередко вспоминается знаменитый «дедуктивный метод» Шерлока Холмса.

Авторы монографии много внимания уделяют именно разработке адекватных методических подходов к неизвестному тексту, справедливо

подчеркивая их первостепенное значение в том процессе корректирования поисков современного исследователя, который в итоге должен привести к единственно возможному, счастливому совпадению траектории его мысли с мыслью древнего мастера письменной речи. Ждать такого «озарения» без кропотливой предварительной разработки программы бесполезно. Ведь и знаменитое восклицание Архимеда: «Эврика!» («Нашел!»), этот древнейший пример решения проблемы в момент интуитивного «прозрения» ясно указывает, что Архимед искал, имел цель поиска.

Когда же перед нами совершенно неизвестный текст, требующий предварительного прочтения для выявления его смысла, содержания, то ситуация вначале весьма напоминает известную формулу «найди то — не знаю что». От загадочного пока объекта поиска («что») зависит тот или иной способ разыскания. Одни специалисты идут «на поводу» у текста, другие — «на поводу» у привлекаемой для прояснения текста исторической, этнографической, археологической и т. п. информации, третьи — рассчитывают на интуитивные «озарения». Авторы монографии, анализируя «узкие места» подобных методов, разрабатывают — и теоретически, и практически дешифровкой ряда фрагментов забытых письмен — более надежный путь к прочтению неизвестных текстов.

Исследование начинается с предположения: загадочный пока текст записан для обмена информацией и специально не зашифровывался древними людьми. Следовательно, в тексте должна быть определенная структура связей, так что близкие друг к другу его элементы неизбежно находятся в некотором соотношении. Отсюда следует, что основная тяжесть в работе на предварительных этапах изучения текста ложится на позиционную статистику. Причем вначале отыскивается значение лишь для небольшого числа наиболее достоверных элементов, затем полученный для них «ответ» используется на следующем этапе анализа более широкого круга знаков, и получаемые «ответы» используются как для дальнейшего расширения круга доступного прочтению текста, так и «ретроспективно» — для «проверки ответов», полученных на прежних этапах поиска. Такой метод обеспечивает единый уровень надежности в расшифровке разных частей текста и ясную логику его постижения всеми доступными сегодня средствами, включая вычислительную технику.

Данные проведенного таким образом исследования показывают, что протоиндийский язык имел такие же особенности, как дравидийские языки, распространенные на Индостане с первых веков н. э. и позже. Иначе говоря, не выдержали проверки гипотезы, сближавшие его с шумерским, аккадским, иранскими, тюрко-монгольскими и многими другими языками. Судя по всему, не подтверждается и сенсационная когда-то, обсуждающаяся учеными уже полвека гипотеза о непосредственной связи древнейших текстов долины Инда с письменностью острова Пасхи.

Затерянный в восточной части Тихого океана остров Пасхи, или Рапануи, с уникальными каменными изваяниями и другими памятниками оригинальной культуры древних полинезийцев, оказался единственным имевшим свою письменность до появления европейцев среди бесчисленных островов Полинезии. Сохранилось около 20 дощечек с рапануйскими письменами, известны более 700 знаков письма: фигурки людей, зверей, изображения частей тела, бытовых предметов и т. п. Необычен порядок расположения строчек: каждая строчка по отношению к соседней как бы «перевернута вверх ногами», т. е. дощечку нужно переворачивать соответственно от строки к строке.

Остров Пасхи, долина Инда, Маньчжурия — далекие друг от друга, совершенно самобытные культурные миры. При ближайшем знакомстве и дальнейшем исследовании памятники их письменности, забытые потомками, обнаруживают все больше различий. Но на фоне этих различий проступают также и определенные глубокие черты сходства, относящиеся как к определенным формам графического выражения речи, так и к некоторым элементам тех образов, мыслей, чувств, которые древние покорители океанов, гор, пустынь стремились передать в знаках и символах. Видимо, одним из наиболее ярких элементов, сближающих древние письмена в самых разных уголках земного шара, являются календарно-хронологические обозначения, связанные с астрономическими наблюдениями.

В протоиндийской цивилизации особенно распространенными были обозначения полугодов между равнодействиями, а также трех сезонов по четыре месяца в каждом. Об этом свидетельствуют и древние надписи, и позднейшие индийские традиции. Около 10 веков назад письмена киданей в Маньчжурии фиксировали события, соотносимые с 12-летним календарным циклом. А туземцы острова Пасхи, ведя счет времени по лунно-солнечному и земледельческому календарю, большое значение придавали звездному скоплению Плеяд (в созвездии Тельца): его появление над горизонтом знаменовало Новый год, начало очередного календарного цикла, и широко праздновалось. Все это помогает постичь смысл древних текстов.

В древних обществах обладание письмом значительно расширяло круг знаний о мире, которые были особой духовной силой, вполне реальной, но в глазах бесписьменных соседей казавшейся волшебной, магической. Забытые письмена молчат. В настоящее время мы все чаще сталкиваемся с проблемами дешифровки в процессах информационного поиска, реферирования, переводов с одних языков на другие и т. п. Монография, выявляя пути оптимального овладения логической основой неизвестного нам текста, поможет решению таких проблем.

Вместе с тем по мере расшифровки забытых систем письма открываются и ранее неизвестные черты жизни, быта, культуры ныне живущих или исчезнувших народов, а вместе с тем расширяются видимые горизонты тех чрезвычайно богатых и разнообразных средств, которые открывали и совершенствовали люди разных эпох в различных районах Земли для точной, емкой, неподвластной времени системы передачи информации во времени и в пространстве, которая называется письмом. И здесь наука о древних письменах также обогащает творческий потенциал современного человечества.

II конгресс Международного общества этнологии и фольклора Европы

Культура каждого европейского народа отличается своеобразием, самобытностью. Знание общего и особенного в современной культуре народов Европы чрезвычайно важно для их взаимопонимания. Отсюда и значимость изучения этнографами и фольклористами Европы национальной специфики материальной и духовной жизни народов своего континента. Свидетельством того вклада, который ученые вносят в решение важнейшей задачи нашего времени — достижение взаимопонимания и конструктивного взаимодействия различных народов Европы и их культур, — явился II конгресс Международного общества этнологии и фольклора Европы (МОЭФЕ), проходивший с 30 сентября по 6 октября 1982 г. в Суздале.

В конгрессе приняло участие свыше 200 ученых — представителей 20 стран. Среди них делегации Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Чехословакии, Югославии, Австрии, Великобритании, ФРГ, Италии, Финляндии, Франции, Швеции и др. В числе советских участников конгресса были представители научных учреждений многих союзных и автономных республик европейской части страны.

Пленарное заседание конгресса было посвящено его главной теме — «Сравнительные этнологические исследования в европейских странах (предмет и метод) и международное сотрудничество». На нем были заслушаны сообщения по итогам работы над проектом «Направления и тенденции культурного развития в современном обществе» (Ж. Кюизенье

(J. Cuisenier) — Франция, Ю. В. Арутюнян — СССР), об основной проблематике журнала «Этнология Эуропеа» (Н.-А. Брингеус (N.-A. Bringéus) — Швеция), о ходе работы по созданию «Этнологического атласа Европы и сопредельных стран» (Б. Братанич (B. Bratanič) — СФРЮ), об итогах работы по подготовке международного трехтомника «Этнография славян» (Ю. В. Бромлей — СССР), о работе Международной комиссии по изучению народной культуры населения Карпат и Балкан (В. Фролец (V. Frolec) — ЧССР), о Международном реферативном журнале «Демос» (Р. Вайнхольд (R. Weinhold) — ГДР), о комиссии МОЭФЕ по изучению европейских народных баллад (Т. Деметер (T. Dömötör), И. Криза (I. Criza) — ВНР).

Всестороннее рассмотрение главной темы конгресса было также в центре внимания работы десяти его научных симпозиумов.

На симпозиуме «Проблемы общей этнографии» обсуждались такие важные в методологическом отношении проблемы, как научное соотношение между этнографией и другими историческими дисциплинами, факты и теория в этнографии, первобытная история как объект этнографического изучения, вопросы этносемиотики и другие. Особое внимание было уделено вопросу об эвристических возможностях подразделения объекта и предмета этнографии, о содержании ее предметной области.

На симпозиуме «Этногенез и этническая история Европы (по материалам этнографии и фольклора Европы)» были рассмотрены важнейшие аспекты использования этнографического и фольклорного материала, степень его доказательности, пределы возможностей тех или иных видов такого материала при реконструкции процесса формирования народов Европейского континента и их культур.

Существенное общетеоретическое значение имели также вопросы, обсуждавшиеся в рамках симпозиума «Постоянство и изменчивость в культурных системах в странах современной Европы». К их числу принадлежит вопрос о соотношении таких важнейших категорий этнографии, как постоянство и изменчивость культуры на различных этапах этнокультурной истории европейских народов. Доклады ученых из социалистических стран (ГДР, ПНР, ЧССР, СФРЮ) показали, что стабильность традиций является одной из фундаментальных проблем современной этнографии. В процессе обсуждения представленных докладов участники симпозиума пришли к выводу о необходимости разработки типологии этнокультурных и социально-экономических ситуаций, в рамках которых развиваются изменения народной культуры, а также теоретического осмысления и систематического описания особенностей взаимовлияния культур, всестороннего понимания роли этнического сознания в ускорении и притормаживании этих процессов.

В непосредственной связи с вопросами постоянства и изменчивости в сфере культуры находилась проблематика симпозиума «Локальные и региональные общности Европы: общее и особенное». В настоящее время оживленному обсуждению в этнографической науке подвергается проблема локальных и региональных общностей как одной из разновидностей историко-культурных общностей. Поэтому центральное место в дискуссии заняли проблема теории этноса и принципы типологизации историко-культурных полиэтнических общностей, разрабатываемые советскими этнографами.

Симпозиум «Вазимодействие культур Европы с культурами других континентов» был посвящен обсуждению методологии и методики изучения контактов европейских и неевропейских культур. Особый интерес вызвала дискуссия о различиях в восприятии заимствованных элементов культуры в профессиональной и бытовой культуре, а также вопрос о процессе складывания у европейских народов стереотипов «чужих культур». Ученые пришли к выводу о необходимости рассматривать культурные контакты в их динамике, т. е. с учетом того, что доступные наблюдению результаты таких контактов в виде прямых заимствований непременно подвергаются функциональному переосмыслению.

Симпозиум «Этнокультурные и этнодемографические процессы в послевоенной Европе» был посвящен современным этническим процессам в странах Европейского континента, влиянию на них социально-экономических структур, динамике демографических показателей в разных странах континента и различию демографических процессов у разных народов в многонациональных странах.

В выступлениях советских ученых нашли отражение опыт решения национального вопроса в СССР, марксистская концепция о роли прогрессивных усилий народов и государств, направленных на гуманистические социально-культурные изменения и расширение культурных контактов и взаимодействий, а также роль социалистического государства в управлении этнодемографическими процессами. Рассматривались вопросы, связанные с современными проблемами трансформации социально-классовой структуры, демографическими и этническими изменениями в Европе. Анализ этнокультурной и этнодемографической ситуаций в Европе свидетельствует о значительных изменениях, происшедших в европейских странах за последние десятилетия. По мнению участников симпозиума, они во многом определяются различными темпами роста численности основных народов и этнических меньшинств, динамикой миграции, а также развитием этноязыковых процессов.

На симпозиуме «Проблемы этнологического картографирования» рассматривались общие вопросы картографирования и отдельные его виды — лингвистическое, этнодемографическое, картографирование материальной и духовной культуры. Дискуссия о функциях и целях этнологических атласов, о принципиальных методических отличиях в составлении готовящегося Европейского этнологического атласа и национальных атласов показала, что со времени основания Международной комиссии по этнологическим атласам (1953 г.) для многих европейских стран (Польши, Венгрии, Югославии, Румынии, Финляндии) картографирование стало одним из главных направлений этнологических исследований.

Заметное место в исследованиях последних десятилетий получило изучение городских поселений как этнографического объекта. На конгрессе был организован специальный симпозиум «Этнография города. Проблемы и методы». В результате большинство специалистов пришли к выводу, что представление о нивелирующем влиянии города на народную культуру, как и представление о крестьянстве как единственном носителе этнических традиций, преувеличены, что народная культура является плодом совместной деятельности крестьян и горожан. В ряде выступлений подчеркивалась значимость марксистских принципов подхода к методологическим проблемам развития городов, этническим процессам в условиях урбанизации. Вместе с тем были подчеркнуты преимущества социалистической системы в решении проблем

СТО ЛЕТ НАЗАД

ГОЛЛАНДИЯ. *История наперстка. Исполнилось ровно 200 лет со времени изобретения наперстка, как это видно из документа, имеющегося в одном старинном голландском доме. В 1684 г. амстердамский золотых дел мастер Ван-Бенщотен прислал некоей г-же Ван-Ресселаар в подарок в день ее рождения первый изобретенный им наперсток — вещицу, нарочно устроенную им для защиты ее трудолюбивых пальчиков при шитье. Наперсток скоро вошел во всеобщее употребление и спустя 41 год привезен в Англию, где впервые и открылась фабрикация наперстков в больших размерах.*

«Техник»

развития современного города, в частности, учет этнических особенностей населения городов, национальных, культурно-бытовых интересов городских жителей.

Самыми представительными по числу делегатов и количеству докладов были симпозиумы по проблемам фольклористики: «Календарные и семейные обряды» и «Современный фольклор европейских народов». В центре внимания участников первого из них были народная обрядность, ее прошлое и настоящее, методологические особенности фиксации и исследования обрядов, использование обрядового фольклора для реконструкции этногенетических процессов и пути использования элементов традиционной обрядности в современных условиях; второго — вопросы, связанные с различным пониманием границ содержания и специфики понятия «фольклор» применительно к традиционным и современным его формам. С одной стороны, были высказаны характерные для западноевропейской и американской науки идеи расширенного толкования фольклора, включающего различные явления не только духовной, но и материальной культуры и размывающего четкие границы понятия. С другой стороны, большинство участников симпозиума подчеркнули выработанную в советской науке концепцию этнической природы фольклора, его полифункциональности как особого феномена искусства и теснейшей включенности в систему народного быта и народной культуры. В докладах и выступлениях советских ученых, а также в выступлениях специалистов из Венгрии, ГДР, Польши, Югославии, Италии последовательно развивалась идея народной сущности фольклора как основополагающего его социального признака. Все участники симпозиума были согласны с тем, что понятие «современный фольклор» следует толковать и рассматривать в широком плане, включая в него как живую, бытующую традицию, так и новообразования. Выявилась общая точка зрения, согласно которой в современном фольклоре традиции и новообразования составляют сложное единство и взаимодействуют в разнообразных формах. В частности, в докладах советских ученых на многочисленных примерах творчества в разных регионах нашей страны было показано, как новообразования отражаются на традиции, вырастают из нее и преобразуют ее.

Своеобразным продолжением работы Конгресса по изучению современных проблем этнографии и фольклористики Европы явилась лекция академика Ю. В. Бромлея «Основные тенденции этнонациональных процессов в СССР», посвященная 60-летию образования СССР. Существенным дополнением к программе конгресса был также показ концертов фольклорных ансамблей нашей страны, демонстрация цикла этнографических фильмов, сделанных советскими учеными, экскурсии в музеи Суздаля и Владимира.

Основной задачей Генеральной ассамблеи МОЭФЕ, состоявшейся во время работы конгресса, были выборы нового состава Административного совета и его руководящих органов, рассмотрение некоторых изменений в Уставе Общества и предложений о почетных членах Общества.

Генеральная ассамблея единогласно избрала бюро Административного совета в составе: президент Н. А. Брингеус (Швеция), вице-президенты Ж. Кюизенье (Франция) и Ю. Бромлей (СССР).

На заключительном пленарном заседании были подведены итоги работы II конгресса Международного общества этнологии и фольклора Европы. Было отмечено значительное усиление внимания специалистов к общеметодологическим и общетеоретическим аспектам исследований. Несмотря на то что ученые отдельных стран придерживаются разных теоретических и методологических принципов и подходов в решении научных проблем, было высказано мнение о необходимости продолжения работы по определению наиболее общих принципов в исследовании некоторых важнейших проблем, связанных с изучением историко-этнографического региона, объединяющего народы, издавна имевшие общие исторические судьбы и общие культурные традиции. В частности, было предложено создать усилиями европейского сообщества этнологов и фольклористов краткий терминологический этнографический словарь на основных европейских языках. Выступавшие призывали активизировать деятельность МОЭФЕ, направляя ее на содействие прогрессу не только в сфере этнографии и фольклора, но и в области всесторонних научных и культурных контактов между народами Европы. При этом особое внимание акцентировалось на общечеловеческой заботе и сохранении мира.

Мифы народов мира

Этим названием объединены два тома, вышедших в издательстве «Советская энциклопедия» соответственно в 1981 и 1982 гг. под редакцией доктора исторических наук С. А. Токарева и в целом представляющие поистине уникальное издание.

Действительно, ни в советской, ни в мировой науке еще не было такого рода фундаментального труда, сочетающего полноту энциклопедического издания в широте охвата различных направлений и сюжетов мировой мифологии с глубиной научного исследования этих феноменов, зачастую выполненного на уровне высших достижений современной филологии, этнографии, археологии, востоковедения, фольклористики, искусствоведения, философии. Большому коллективу специалистов удалось лаконично и доступно для широкого круга читателей изложить поистине необъятный мир фантазии самых разных народов мира, проявившийся в мифотворчестве, а с другой стороны — почти столь же необъятный мир научной литературы о мифологии. Ведь зачатки научного интереса к мифам и первые попытки их систематизации относятся еще к началу VI в. до н. э., и с тех пор они не только не ослабевали, но, напротив, бурно прогрессировали. Все же как ни огромна современная литература о мифах, мы до сих пор могли найти в ее наиболее полных, обобщающих трудах анализ прежде всего классической мифологии Средиземноморья, редко развертывающийся на восток до границ Индии, еще реже до Китая и Японии. Что касается мифов Северной Евразии, Америки, Африки, Австралии, Океании, то в каждом случае для обширных регионов и целых континентов можно найти обстоятельные сводки, аналитические обзоры, тематические исследования и т. п., не составляющие, однако, вполне определенного целостного впечатления об отношениях такого рода региональных или континентальных традиций к основному массиву классической мифологии Евразии, о месте этих традиций в общей целостной системе мифологических пластов духовной культуры человечества. Теперь читатель имеет впервые такой обобщающий труд.

При знакомстве со статьями данного труда поражает единство глубочайших основ духовной жизни народов разных языков и рас, художественных и религиозных традиций, проявившееся на различных уровнях мифотворчества: от универсальных, «мировых» тем и сюжетов до деталей их образного оформления и трактовки. Например, такой сюжет, как похищение героем огня у богов для блага людей мы привыкли связывать с титаническим образом Прометея в древнегреческой мифологии. Но ведь не менее древний и яркий образ титана, принесшего людям первый огонь, существовал в мифах народов Кавказа — образ Амирани. А на противоположном конце земного шара, у маорийцев Новой Зеландии, мифический герой Мауи, несколько иной по складу характера и чертам личности, совершает подвиги прометеевского масштаба, даруя в итоге людям огонь и другие блага первоначальной культуры. Феномен освоения, «приручения» стихии огня в мифах Америки и Австралии, Африки и Азии трактуется в целом тоже одинаково: как важнейшая грань, отделившая людей от животных.

Повсюду определенную роль в истории овладения огнем играет птица (самый близкий к Солнцу представитель

животного мира), несущая красную или черную отметину — выраженный с помощью цвета знак противоположных состояний: ночного мрака и преодолевающего его яркого Солнца или огня. Последняя связь универсальна в первобытных мифах: люди, научившиеся поддерживать огонь на стойбище, видят в нем как бы «домашнее Солнце», в Солнце же видят «небесный огонь».

Любопытно и то, что, согласно ряду мифов, первым обладателем и хранителем огня среди людей оказываются женщины, и лишь позднее эта функция переходит к мужской части общины. В этой связи интересна данная в статье «Огонь» версия о том, что образы первых хранительниц огня запечатлены в древнейших скульптурных изображениях людей — знаменитых женских статуэтках из бивня мамонта, в изобилии находимых археологами на стоянках палеолитических охотников поблизости от древних очагов. Сегодня уже трудно сомневаться в том, что еще в первобытном обществе эпохи палеолита стали формироваться исходные сюжеты мифов об огне и некоторые другие универсальные, повсеместно распространенные темы мировой мифологии.

В их ряду, пожалуй, особого внимания заслуживает тема матерей-прародительниц. Они не только покровительствуют продолжению человеческого рода, но тесно связаны с миром животных и растений, с Луной и другими небесными светилами. Таковы Исида древних египтян, Нюйва древних китайцев, «волоокая» Гера и охотница Артемида, почитавшаяся греками в образе медведицы, матери-богини других древних государств; аналогичные функции, например, у охотников и скотоводов якутов в мифах и обрядах выполняла мать-богиня Айысыт («госпожа коровница»), основные архаические черты которой сложились в первобытную эпоху.

В мифах о Луне и Солнце, как правило, одно из светил представлялось женщиной, другое — мужчиной, и если Солнце мыслилось как хозяин огня, то Луна — владыка воды. Интересно, что мифов о Луне в целом было создано больше, чем о Солнце. Это обстоятельство опять-таки находится в определенном соответствии с преобладанием в памятниках материальной культуры первобытного общества, начиная с эпохи палеолита, изображений Луны над изображениями Солнца.

По-видимому, здесь сыграли свою роль традиции материнской родовой общины, тесно связанные с древнейшим лунным календарем, использовавшимся для определения сроков беременности и родов. Отсюда в мифах всего мира связь Луны с представлениями о матерях-прародительницах, зачатием, плодородием растений и животных, с продолжением рода, судьбой, здоровьем, смертью и душой. Вместе с тем Луна мыслилась причастной к сфере метеорологических и геофизических явлений, связанных с движением больших масс воды. В мифах эскимосов и новозеландских маори, так же как древних греков, кельтов и других народов, Луна воздействует на морские приливы и отливы; в мифах бушменов, австралийцев, индейцев Америки может вызывать или прекращать дожди, даже катастрофические наводнения.

Мифы народов всех континентов связывают с Луной жизнедеятельность земноводных и пресмыкающихся, особенно змей. Аборигены Австралии считали змей постоянными спутниками Луны, играющими роковую роль: змеи препятствуют людям, желающим получить от Луны дар бессмертия. И до удивления аналогичные мотивы звучат в шумерских мифах: змеи здесь тоже ассоциируются с Луной, а одна из них похищает у Гильгамеша траву бессмертия в тот момент, когда он, решив искупаться, погружается в воду.

Снова и снова мы видим напряженные искания живой человеческой мысли, бьющейся над вечными проблемами бытия, пытающейся строить ход их решения очень похожими, аналогичными, а то и просто идентичными комбинациями из фантастических образов и символов, поразительно сходных в разных районах Земли. Следует подчеркнуть при этом совершенно особый, внерелигиозный характер древнейших образов и символов мировой мифологии. Так, в первобытном обществе огонь глубоко почитался, охранялся как величайшая ценность всего коллектива, но в представлениях о реальной стихийной мощи пламени еще нет мистики, религиозного преклонения.

То же относится и к небесным светилам. Уже упоминавшийся герой маорийских мифов Мауи ловит Солнце в рыбацкую сеть и заставляет дневное светило двигаться по небу медленнее, в темпе, удобном для людей. Широко распространен миф о стрелке из лука, сбивающем стрелами с неба одно, два и более «лишних» солнц и лун, мешавших нормальной жизни людей и животных. Даже в античном мифе Геракл, обжигаемый в походе лучами Гелиоса, целится в него из лука, но солнечный бог спешит помириться с героем богатым даром: подносит ему свой золотой кубок. Лишь в мифах династического Египта Солнце уже недосягаемо в своем могуществе.

В бесконечном многообразном и причудливом мире древних мифов постепенно вырисовываются, таким образом, некие постоянные, универсальные принципы его построения. Например, принцип двоичной классификации явлений, парных сопоставлений или противопоставлений. Здесь характеристики координат пространства, времени, качественных, количественных, природных и общественных связей: верх и низ, небо и земля, Солнце и Луна, свет и тьма, день и ночь, тепло и холод, красное и черное, свое и чужое, мужское и женское и т. п., вплоть до наиболее абстрактных обозначений: чет и нечет, счастье и несчастье, жизнь и смерть. В той или иной форме они присущи мифам всех древних народов: греков, славян, тюрков, монголов, арабов, эскимосов, ацтеков...

Первоначальные попытки систематизировать и объяснить явления окружающего мира — вот что прежде всего отразили такого рода простейшие классификации, именно они отличают мифы от сказок, преданий и других произведений устного народного творчества. И в этом суть поэтики мифа.

Двухтомник наглядно показывает, как самые фантастические, казалось бы, образы героев, чудовищ, богов, демонов мировой мифологии в первоначальных их истоках, в зародыше, неразрывно связаны с реальным земным бытием первобытных общин. Ведь развитие первобытного общества было невозможно, например, без строжайшего запрета брачных отношений между кровными родственниками, т. е. внутри родовой общины. А обмен брачными партнерами между соседними общинами всегда сопровождался обменом информацией о культурных достижениях и традициях соседей. Ограниченность общественного сознания маленьких общинно-родовых коллективов проявлялась в том, что свои родовые традиции обычно казались самыми лучшими, ясными, естественными, а чужие — худшими, «темными», «нечистыми». И уже в таких простейших сопоставлениях рождались первые наивные образы и сюжеты, конкретные семейно-родовые отношения и производственные навыки людей проецировались на весь окружающий мир. Затем, развиваясь на этой основе, мифотворчество своеобразно отражало ранние этапы истории человечества как подлинная сложная предыстория науки.

Художественный образ и историческая наука

В научном творчестве академика М. В. Нечкиной особое место занимает ее новая, недавно увидевшая свет книга с несколько необычным названием: «Функция художественного образа в историческом процессе» (М., Наука, 1982). Особое потому, что, с одной стороны, она стоит как бы особняком в ряду многочисленных исследований ученого, посвященных разработке общей концепции отечественной истории, ее методологии и историографии, русскому революционному движению, героической эпопее движения декабристов, борьбе революционеров-демократов во главе с их идейным вождем Н. Г. Чернышевским. С другой — потому что в

этой книге наиболее отчетливо выявилась творческая индивидуальность ученого. Книга, представляющая собой сборник статей М. В. Нечкиной, хронологически охватывающих более 50 лет ее научной деятельности, отразила органичность темы культуры в широком диапазоне ее исследовательских направлений.

Как пишет автор, тема первой статьи «Функция художественного образа в историческом процессе», давшая название сборнику, и является выражением его идеи: она «подтверждает право историка на изучение художественного образа и на необходимость этого изучения для исторической науки». Сама постановка проблемы — новаторская, история и художественный образ рассматриваются во взаимодействии. Автор всесторонне исследует восприятие художественного образа человеком — творцом истории, работу художественного образа в историческом развитии.

Как и всякое научное направление, стоящее на границе двух наук — в данном случае истории и литературоведения, — эта тема не может быть ограничена их опорными данными. Прослеживаются новые связи, закономерности, явления. Свой анализ М. В. Нечкина ограничивает сферой «парного» понятия: писатель и читатель. Рассматриваются основные законы воздействия художественного образа на читателя, механизм работы образа в душе читателя, что позволяет установить первую, самую «простую» и естественную функцию художественного образа в историческом процессе: его восприятие читателем, следствием чего является неимоверное расширение человеческого опыта. А отсюда — связь поколений, преемственность мира понятий, восприятия жизни, эмоциональная, моральная сопричастность сегодняшнего человека к событиям прошлого, сопереживание как сотворческий акт читателя, рождение общественного критерия суждения о событиях. Вывод автора о читателе как посреднике между литературным произведением и нечитателем подводит автора к широким обобщениям, связанным с проблемой творчества народных масс в истории, повышения роли человеческого сознания в исторической деятельности.

Роли Пушкина в формировании передового морального критерия эпохи — одного из результатов воздействия художественного образа на сознание читателя — посвящена статья, заглавием которой стали слова из письма В. А. Жуковского к поэту, написанного в дни, когда завершалось следствие над декабристами: «В бумагах каждого из действовавших находятся стихи твои...» Следственные дела декабристов обследованы автором с точки зрения выявления знакомства декабристов с поэзией Пушкина. Они позволяют понять по самому количеству исписанной бумаги, тревожности вопросов начальства и тщательности расследования, «какую агитационную силу чувствовал в Пушкине царизм и с каким ожесточением шел он на борьбу с подобными агитаторами». Особое внимание в книге уделяется истории публикации знаменитого пушкинского стихотворения «Во глубине сибирских руд».

М. В. Нечкина поставила перед собой двоякую задачу: извлечь неизвестные или малоизвестные материалы о Пушкине из разных декабристских источников и подчеркнуть в них то, что свидетельствует о функции художественного образа в историческом процессе.

Прочность и широта источниковой основы, мастерство анализа обеспечили фактическую достоверность и неоспоримость основных выводов, ставших достоянием советского пушкиноведения.

Вслед за Пушкиным в монографии представлены имена Грибоедова, Некрасова, Вольтера. В статье «Рождение «Горе от ума» отражены историческая действительность, время творчества автора, осознание его писателем, претворение силой таланта в художественный шедевр. Понимание писателем исторических задач и — объективно — призыв к действию входят в функцию художественного образа в историческом процессе. Грибоедовское время — это время «грозы двенадцатого года» и волнений Семеновского полка, время Пушкина и декабристов, эпоха великих событий и деятельности замечательных русских людей. Именно декабристская среда, утверждает автор, несла в себе основную коллизию своего времени — молодого человека, сторонника новых идей, в его столкновениях со старым, крепостническим миром, — которая была обобщена в образе Чацкого и во всей ситуации «Горя от ума». Завидное долголетие жизни грибоедовского шедевра объясняется его органичностью с эпохой, в которую он создавался. В жизни произведения очень рано появился друг-читатель — когда оно еще писалось, и все шире увеличивался читательский круг по мере его завершения, задолго до публикации. Как подчеркивается в статье, друг-читатель в данном случае наделен силой хранителя творческого процесса автора, а также силой ускорителя его. Он не дает творчеству замереть, содействует его дальнейшему движению. Молодые читатели настойчиво требовали завершения «Горе от ума», потому что оно им было очень нужно. Его вызывала к жизни эпоха. Пьеса была как бы их реальной жизнью и требовала своего воплощения. Историческое движение пронизывает «Горе от ума». Оно дано в самой основе замысла — в коллизии двух миров, в столкновении двух лагерей. Эта же коллизия является и основной исторической предпосылкой декабризма, реального общественного движения грибоедовского времени. Такой подход позволяет понять Грибоедова и рождение великой национальной комедии в их связи с историей, а через это, заключает М. В. Нечкина, осознать и общечеловеческое значение комедии.

Проблема соотношения русской и мировой культуры, характер восприятия передовой Россией вершинных идейных завоеваний, поднятая в работе о «Горе от ума», получает развитие и углубление в статье «Вольтер и русское общество». Автор многосторонне рассматривает вопрос об отношении Вольтера к России. Россия была темой размышлений и специальных работ самого Вольтера — в течение семи лет он работал над книгой «История Российской империи при Петре Великом».

Второй круг вопросов, затронутый М. В. Нечкиной, — это личные связи Вольтера с русскими людьми. Но самым существенным является третий: какова роль вольтеровских идей в русском общественном движении, каково историческое значение русского вольтерьянства? Вольтер предстает как своеобразный «участник» русского общественного движения. «Передовые русские люди, — заключает она свое исследование, — расширили и приумножили славу Вольтера, сохранили его имя вечно живым для истории русской культуры и вместе с тем продемонстрировали высокую самостоятельность русской мысли в использовании наследия великого философа».

Монографический характер имеет статья «Ледяной дом» И. И. Лажечникова», которая открывает в виде предисловия ряд изданий романа. Биография писателя и очерк политической истории времени, в котором развертывается действие романа, его историческая критика, выявление декабристской, рылеевской традиции в трактовке главного героя — А. П. Волынского позволяют оценить историческую и художественную значимость произведения, прожившего уже полуторавековую жизнь и не потерявшего своей силы воздействия на поколения читателей.

В статье «Третий «пророк» русской литературы» «Пророк» Некрасова, «третий» в ряду своих литературных прототипов — пушкинского и лермонтовского «Пророков», посвященный Н. Г. Чернышевскому, по своей идейной наполненности — выражение действенной устремленности новых людей. Историко-литературный этюд М. В. Нечкиной — блестящая иллюстрация познавательных возможностей в соединении литературоведения и истории, образец тонкости литературоведческого анализа, опирающегося на глубокое проникновение в идейную суть произведения, и

соотнесения ее с реальными жизненными фактами.

Две статьи сборника: «О художественных образах в работах К. Маркса» и «Образы русской литературы в произведениях В. И. Ленина» — составили яркий и оригинальный его раздел — «Художественные образы в науке и политике». Еще в 1927 г. увидела свет статья М. В. Нечкиной под названием: «Капитал» Карла Маркса как художественное целое», а в 1932 г. была издана отдельная брошюра «Литературное оформление «Капитала» К. Маркса». По существу, этой ранней работой открывается обращение М. В. Нечкиной к теме «художественный образ в науке». Выделяя ее как самостоятельную научную дисциплину, не совпадающую с литературоведением, обосновывая ее право на существование, она выдвигает аргументом то обстоятельство, что художественные элементы в литературном оформлении научной работы — подчиненный, а не самостоятельный момент и подчиняются они особенностям научного, а не художественного замысла. Чтобы у читателя составилось представление о тематическом содержании включенной в сборник работы о Марксе, назовем заголовки составляющих ее глав: «Работа Маркса над стилем», «Эмоциональная насыщенность «Капитала», «Ирония и сарказм», «Художественная конкретизация. Образность изложения», «Персонифицированный «Капитал», «Шекспир в «Капитале». В каждой из глав раскрываются приемы художественного изложения; мировая литература и созданные ею образы служат Марксу, «чтобы ярче запечатлеть острый теоретический вывод», служат борьбе с буржуазией, с миром капитала. Мировые художники слова выступали в «Капитале» и как свидетели своей эпохи, и в этом своем качестве, резюмирует исследователь, каждый из них, литературные образы, созданные ими, будучи органически слиты с существом теоретических выводов Маркса, «помогали читателю глубже понять и с яркостью воспринять величайший теоретический труд научного социализма». Такова еще одна ипостась функции исторического образа в историческом процессе.

Эта же идея проходит через статью «Образы русской литературы в произведениях В. И. Ленина». Автор ограничивает тему рассмотрением гоголевских и щедринских образов у Ленина, использованием Лениным некоторых пушкинских строф. Автор прослеживает «жизнь» гоголевских героев: Манилова и Хлестакова, Ноздрева и Собакевича, «дамы, приятной во всех отношениях», Держиморды и многих других на страницах ленинских произведений, раскрывает, как выявил и использовал Ленин огромную художественную разоблачительную потенцию гоголевских образов и превратил ее «в живую силу острейшей революционной борьбы».

С глубоким проникновением в художественно-исторический смысл пушкинских образов и речений раскрывается М. В. Нечкиной их функция в работах В. И. Ленина, то социально-политическое наполнение, которое они получали в его борьбе с идейными противниками, в разоблачении явных и маскирующихся антагонистов народа. Автор показывает, как своеобразна жизнь пушкинских образов в текстах В. И. Ленина.

В монографии академика М. В. Нечкиной раскрывается огромное богатство социального содержания функции художественного образа. Неоспоримо не только большое научное, но и воспитательное значение книги, явившейся ярким образцом творческой, вдохновенной разработки историко-культурной темы.

Философия, социология, право

Гегелевский конгресс Международного общества диалектической философии

В 1982 г. организовалось Международное общество диалектической философии — Societas Hegeliana, которое поставило своей задачей исследование диалектики Гегеля в связи с современным развитием наук и философской мысли. Это общество объединило в своих рядах многих марксистов-историков философии из социалистических и капиталистических стран, а также некоторых философов-немарксистов, стремящихся к конструктивному диалогу с марксистами и являющихся противниками политики международной напряженности.

Первый конгресс Общества состоялся в конце октября — начале ноября 1982 г. в г. Локарно (Швейцария); на нем присутствовало около ста философов из различных стран Европы. Центральным его мероприятием был симпозиум на тему «Философия истории и история философии».

На пленарном заседании, которое открыл вступительной речью президент Общества профессор Г.-Х. Хольц (H.-H. Holz) из Гронингенского университета (Нидерланды), с докладами выступили член Римской академии наук Ф. Ломбарди (F. Lombardi) и член АН СССР Т. И. Ойзерман. Главный тезис Ф. Ломбарди о том, что гегелевская вера в торжество разума в последующей истории человечества оказалась несостоятельной, вызвал возражения со стороны многих участников конгресса. Т. И. Ойзерман подчеркнул, что Гегель впервые понял всемирную историю как закономерный, в основе своей прогрессивный процесс. Характеризуя историю как развитие понятия свободы, отождествляемое с ростом действительной свободы человека, Гегель тем самым, не сознавая этого, обосновывал необходимость уничтожения всех форм угнетения человека.

Далее работа симпозиума протекала в рамках трех секций. Первая из них была посвящена проблематике философии истории. Член АН ГДР М. Бур (M. Buhr) показал сложное и противоречивое развитие идеи «исторического Разума» у представителей французского и немецкого Просвещения, а затем в классическом немецком идеализме первой трети XIX в. Но Гегель не сумел преодолеть разрыв между индивидом и совокупным историческим процессом, и только Маркс и Энгельс раскрыли действительно диалектическое единство и различие между природой, обществом и индивидом через понятие производящего, трудящегося человека.

Академик АН ГДР Э. Хаан (E. Hahn) в своем докладе раскрыл глубинные корни противоречия между теорией и практикой в философии Гегеля и охарактеризовал качественное отличие марксистского понимания практики и ее функций в историческом развитии человечества от гегелевского. Э. Хаан исследовал диалектику взаимодействия познания, практики, ценности и идеологии.

Профессор В. Верра (V. Verra, Италия) рассмотрел вопрос о роли природы в философии истории Гегеля. Основные идеи его доклада вращались вокруг понятия «вторая природа», которая у Гегеля представляет собой различные формы объективации духа. По сути дела, это идея опредмечивания духа в процессе всемирной истории.

В докладе на тему «Разум в истории и история разума» профессор А. Геде (A. Gedö, Венгрия) раскрыл связь историчности и рациональности в творчестве Гегеля на широком фоне последующего развития мировой философской мысли, а профессор Г. Ф. Фульда (H. F. Fulda, ФРГ) проанализировал внутренний смысл членения Гегелем глобального процесса развития человечества на четыре последовательно сменяющих друг друга всемирно-исторических «мира» («царства»).

Профессор И. С. Нарский (СССР) в докладе о диалектике понятий «хитрость рассудка» и «хитрость разума» в «Феноменологии духа» и в «Философии истории» Гегеля показал, что в

этой концепции разумной «хитрости», стратегически направляющей действия людей в сторону определенной высшей цели, имелся зачаток марксовой идеи о диалектике преломления объективных законов истории в мотивах поведения людей и отражения их в идеологии.

В докладе о гегелевской концепции свободы и необходимости профессор С. Ф. Одуев (СССР) отметил, что Гегелю впервые удалось теоретически осмыслить эти категории в их диалектической связи, соединив их как взаимообусловливающие противоположности представить историю как закономерный и необходимый процесс.

Профессор Э. Марквит (E. Marquit, США) рассмотрел диалектические противоречия как источник структурности и развития в природе и обществе на материале анализа состояний изменчивости и устойчивости, возрастания и качественного преобразования в процессе развития. Он разделил категорию «снятие» на три вида — собственно снятие, преобразование и деструктивное отрицание. Тем самым докладчик стремился конкретизировать одну из самых важных категорий марксистской диалектики.

На второй секции, посвященной проблематике историко-философской концепции Гегеля и другим вопросам истории философии, детально исследовались разные части и аспекты гегелевской системы. Профессор Г. Й. Зандкюлер (H. J. Sandkühler) из Бременского университета (ФРГ) рассмотрел проблему действительности (современности) и будущности философии. Он показал, что подлинным субъектом исторического процесса, как утверждал и К. Маркс, является в наше время пролетариат. В этой связи Зандкюлер подверг критике неверные представления об отношении Маркса к гегелевскому тезису о «конце» общеисторического и историко-философского развития.

На этой же секции были заслушаны доклады А.-К. Баионаса (A.-C. Bayonas, Греция) по вопросу о трактовке Гегелем философии древнегреческих софистов, Кс. Тийета (X. Tilliette, Франция) о соотношении гражданской истории и истории развития сознания у Гегеля, М. Цекича (M. Cekić, СФРЮ) о различных имеющихся в литературе трактовках предмета философии истории и др.

На третьей секции — «Актуальность Гегеля» — профессор Г.-Х. Хольц (H.-H. Holz, Нидерланды) проанализировал сущность материалистического «прочтения» диалектики Гегеля В. И. Лениным в «Философских тетрадях». Наиболее подробно он рассмотрел круг вопросов на материале диалектики Понятия, тщательно сопоставив гегелевское и ленинское решения проблемы «общее — особенное — единичное».

Член-корреспондент АН ЧССР И. Зелены (J. Zelený) в своем докладе дал материалистическую интерпретацию рациональных моментов критики диалектики Гегеля в его «Науке логики» выдающимся чешским логиком Б. Больцано (B. Bolzano). Докладчик показал, что и Гегель и Больцано, хотя каждый по-своему, стремились обосновать объективность мышления и выступили против субъективизма и скептицизма в познании.

На этой секции рассматривались и проблемы моральной философии Гегеля. Подчеркивалось, что Гегель отверг независимость морали от социального развития и охарактеризовал мораль как подчиненный момент общего прогресса человечества на пути осознания и реализации свободы.

Особое внимание участников секции привлекло обсуждение вопросов о воздействии различных экономических учений на философию истории Гегеля, о гегелевском понимании сущности философии, была показана несовместимость этого понимания с новейшими западными концепциями «конца» и «смерти» философии.

Большое внимание было уделено проблемам дальнейшего исследования взаимоотношений между экономическими и собственно социальными связями в «Экономических рукописях 1857—1859 годов» и в «Капитале» К. Маркса в разрезе диалектики субъекта и объекта, политическим аспектам новейших натурфилософских концепций, возникших в связи с глобальной экономической проблемой, теоретическому наследию Гегеля в аспекте борьбы за мир и мирное сосуществование между народами.

Прошедший конгресс Международного общества диалектической философии способствовал дальнейшему развитию исследований рационального содержания теоретического наследия Гегеля и углублению научных контактов между философами-марксистами и прогрессивными философами стран Запада.

Следующий конгресс Общества намечено провести в 1984 г. в Хельсинки по теме: «Становление знания. Отношения между философией, частными науками и диалектикой».

Материалистическая диалектика как общая теория развития

Проблема развития относится к числу проблем, наиболее остро и глобально стоящих перед современным человечеством. То, чего больше всего хотят ныне народы всех стран, — это мир в интересах и во имя человека. Во всем мире интенсивно идут дискуссии о путях развития человеческой цивилизации в связи с коренным социальным и научно-техническим обновлением общественной жизни. Одно из центральных мест в этих дискуссиях занимает вопрос о том, какая философская теория обеспечивает подлинно научную мировоззренческую и методологическую основу для решения проблемы развития во всей ее многоаспектности и остроте, характерной для современной эпохи.

Всесторонне развернутый и глубоко обоснованный ответ на этот вопрос на уровне современных философских, естественнонаучных и общественнонаучных знаний содержится в многотомном исследовании «Материалистическая диалектика как общая теория развития», выполненном большим коллективом философов в сотрудничестве с представителями конкретных социальных и естественных наук под руководством и общей редакцией академика Л. Ф. Ильичева. В двух книгах «Философские основы теории развития» и «Диалектика развития научного знания», выпущенных в свет издательством «Наука» в 1982 г., дается обоснование ленинского определения диалектики, исследуются конкретные формы и содержание диалектических процессов развития современного научного познания.

Первая книга многогранно раскрывает особенности постановки проблемы развития в наше время. Среди них отмечается повышение интереса к специфически диалектическим характеристикам развития, превращение принципа развития в центральный принцип миропонимания, органическая взаимосвязь развития человечества и природы, нарастание интегративных взаимосвязей естественных и общественных наук, обострение идеологической борьбы по теоретическим и практическим аспектам проблемы развития. Все эти особенности с разных сторон «ведут» к материалистической диалектике как наиболее полному философскому учению о развитии, органически сочетающему теоретическое содержание диалектики с ее революционно-исторической основой.

Материалистическая диалектика характеризуется в книге прежде всего как мировоззрение и методология революционной практики и современной науки. В этой связи анализируются исторические особенности становления научной диалектики Маркса — Энгельса — Ленина, обосновывается нераздельность и исследуется взаимодействие ее мировоззренческих и методологических функций, раскрывается единство ее объективно-предметного, гносеологического и логического аспектов.

Затем дается глубокая характеристика основных принципов диалектико-материалистического учения о развитии. В этой связи рассматриваются принципы материального единства мира и материалистического детерминизма, раскрывается роль принципа отражения в исследовании развития, исследуется диалектика прогресса и регресса в процессах

развития, анализируются временные характеристики, формы и закономерности развития.

Специальный раздел книги посвящен таким всеобщим законам развития, как единство и борьба противоположностей, переход количественных изменений в качественные и обратно, отрицание отрицания. Особенность анализа этих законов в данной книге заключается в их первоочередной нацеленности на конкретизацию понятия развития, на выявление тех особенностей этого понятия, которые выражаются данными законами в наиболее концентрированном виде, так сказать, в своей наиболее развитой форме. Следует особо отметить оригинальный анализ закона отрицания отрицания, исследование которого в нашей литературе до недавнего времени было явно недостаточным. Большой вклад в философскую, категориальную характеристику понятия развития вносит также исследование отражения процесса развития в системе категорий диалектики.

Конструктивное диалектико-материалистическое рассмотрение проблемы развития в книге органически сочетается с критикой метафизических и идеалистических концепций развития. В этой связи показывается несостоятельность трактовки проблемы развития в современной буржуазной философии, вскрывается ложность религиозно-философских форм диалектики, доказывается нищета буржуазного историзма и ограниченность буржуазного понимания принципа развития. Дается также критика современных буржуазных концепций общественного прогресса. В свете диалектико-материалистического учения о развитии критическому анализу подвергнуты философские основы современного ревизионизма.

Во второй книге общая диалектико-материалистическая теория развития конкретизируется и наполняется новым содержанием в связи с исследованием диалектики развития современного научного познания. Вместе с тем через призму и на основе общих принципов и закономерностей процесса развития здесь вскрывается специфика, качественное своеобразие диалектических закономерностей познания как особого развивающегося образования. Именно универсальные диалектические принципы развития позволяют авторам раскрыть собственную, внутреннюю специфичность законов познания, обусловленную его общественно-практической природой, органической связью с преобразовательной деятельностью людей, теоретико-логической и социально-институциональной, психологической и ценностной активностью субъекта познания. При этом для выявления специфики законов познания широко используется исторический подход, анализ процессов возникновения и исторического развития познавательной активности субъекта во всех ее практических и теоретических аспектах, изучение переходов от незнания к знанию, от знания менее глубокого к более глубокому, от одного исторического этапа развития науки к другому, более сложному и совершенному по своим формам и содержанию отражения действительности.

Феномен научно-технической революции, который в немарксистских, а зачастую и недостаточно глубоких марксистских исследованиях приписывается ведущей роли науки по отношению к технике, в книге объясняется как специфическая форма проявления общих закономерностей взаимосвязи практики и познания. Эксперимент как особая форма практики — это фактор, развитие которого имеет для научного познания определяющее значение.

В книге обстоятельно исследуется также и диалектика научно-теоретического мышления, представляющая собой собственную логику развития науки как специфического идеально-теоретического явления. При этом развивается понятие истины как диалектического процесса, раскрываются внутренние противоречия процесса познания, диалектика взаимосвязи общих и специфических закономерностей познания, диалектика исторического и логического, абстрактного и конкретного в развитии теории, диалектика содержания и форм научного познания.

Специальный раздел посвящен исследованию некоторых новых форм и тенденций, свойственных современному этапу развития науки. Они анализируются в связи с диалектикой развития познания от гипотезы к теории, функциями философии в развитии научной картины мира, становлением методов познания сложных развивающихся объектов современной науки, диалектикой становления нового в научном познании. Рассмотрены также роль и значение метода математического моделирования в современном научном познании, развитие аксиоматико-дедуктивного метода в современном теоретическом мышлении.

В книге затронуто много новых вопросов, по которым в настоящее время еще не выработались более или менее общепризнанные точки зрения. Представляя собой фундаментальный труд по философским проблемам развития, монография, с одной стороны, подводит определенный итог исследованиям этих сложных вопросов, а с другой, намечает новые горизонты для их дальнейшей творческой разработки.

Диалектика современного развития нашего общества как процесс дальнейшего развертывания возможностей зрелого социалистического общества и одновременного созидания коммунистической цивилизации. — одна из основных проблем марксистско-ленинской теории, на что указал июньский (1983 г.) Пленум ЦК КПСС. Это требует от обществоведов интенсификации исследований зрелого социализма и диалектики его перерастания в коммунистическую общественную систему.

Эксперимент, модель, теория

В методологическом развитии современной науки особое место занимают прогресс эксперимента, возрастающее значение моделей при исследовании сложных объектов, построении новых фундаментальных теорий и их воплощении в практические достижения. Эксперимент, модель, теория — это краеугольные камни современной системы научных методов, выражающие начальный, промежуточный и конечный этапы всякого вновь предпринимаемого научного исследования и воплощающие в себе единство объективных, материально-практических и субъективных, идеально-теоретических средств познавательного освоения действительности. При этом для современной науки характерно, с одной стороны, неуклонное возрастание многообразия и сложности диалектических переходов от наблюдения и эксперимента к модели и теории, с другой — от теории и модели к эксперименту и наблюдению.

Многообразие отношений в системе эксперимент — модель — теория находится ныне в самом центре философско-методологического исследования научного познания. Значительный вклад в раскрытие этого многообразия с диалектико-материалистических позиций вносит совместный труд ученых СССР и ГДР «Эксперимент, модель, теория» (Москва — Берлин, 1982), подготовленный под руководством академика АН ГДР Г. Герца и члена-корреспондента АН СССР М. Э. Омельяновского.

В книге излагаются основы философско-методологического и мировоззренческого исследования соотношений между экспериментом, моделью и теорией в процессе развития научного познания. Обобщаются основные результаты, связанные с методологическим анализом эксперимента, теории и модели. Намечаются задачи дальнейших исследований на основе углубления наших представлений о диалектических связях в системе методов научного познания.

Изучение соотношения эксперимента, модели и теории проводится путем перенесения центра тяжести сначала на наблюдение, эксперимент, практику в различных науках, затем на модели и их место в структуре познания, наконец, на анализ видов и функций научных теорий.

В современной науке наиболее развитое переплетение эксперимента, модели и теории характерно для физического познания. В этой связи

содержащийся в книге развернутый анализ диалектики эксперимента и теории в физических науках вообще, в квантовой физике в частности и в особенности, представляет собой особую эвристическую ценность, показывая, в каких направлениях соотношение между экспериментом и теорией движется от своих исторически первых, неразвитых форм к формам все более богатым и сложным. Одна из важнейших характеристик этого движения — усиление связи между экспериментом и теорией вплоть до их неразрывного соотношения друг с другом, диалектического взаимоперехода друг в друга. При этом в свете современных дискуссий о теоретической нагруженности эксперимента чрезвычайно важным является вывод книги о том, что когда экспериментальные данные осмысливаются теоретически, то они образуют факты, подтверждающие или отрицающие проверяемую или создаваемую теорию. Это подлинно диалектическая трактовка соотношения эксперимента и теории, полностью преодолевающая метафизические заблуждения немарксистской философии науки по поводу этого соотношения. Для этой философии теоретическая нагруженность эксперимента, теоретическое осмысление экспериментальных данных выступают в качестве «доказательства» невозможности экспериментальной проверки теорий, поскольку экспериментальные данные метафизически берутся лишь как продукты теории, результат теоретического вымысла ученых. Как утверждают авторы книги, на самом деле теоретическая нагруженность эксперимента с необходимостью выступает и как проверка теории экспериментальными данными.

С точки зрения диалектического единства эксперимента и теории проанализирован эксперимент в химическом познании, особенности биологического эксперимента, теоретико-познавательные аспекты экспериментальной медицины и освоения космоса, неразрывно связанного с появлением таких новых видов эксперимента, как космизированный и космический.

Соотношение эксперимент — модель — теория с акцентом на роли модели в научном познании авторы книги раскрывают, прежде всего прослеживая основные этапы формирования моделей в физическом познании. На богатом материале из истории физики обосновывается вывод о том, что нет прямого пути от эксперимента к теории, так же как и от теории к эксперименту. Этот путь в той или иной мере опосредуется теми или иными модельными представлениями и построениями. Выделение основных этапов формирования моделей как опосредующих звеньев на пути от эксперимента к теории или от теории к эксперименту позволяет углубить понимание многих принципиальных вопросов теории познания. В книге рассматриваются такие этапы, как эвристический, познавательный, прагматический и объяснительный. При этом раскрывается роль эксперимента на каждом из этих этапов и функции этих этапов с точки зрения становления теории.

Будучи наиболее развитым и распространенным в физике, метод моделирования получает все более широкое и обоснованное применение в других науках. Авторы раскрывают специфику моделирования в биологических науках, показывают особенности связи эксперимента, модели и теории в этих науках. На примере модели ДНК обосновывается, что модель играет большую роль не только в процессе формирования теории на основе предварительно полученных экспериментальных данных, но и в постоянном взаимном дополнении и взаимодействии уже достаточно развитой теории и новых экспериментальных результатов.

Соотношение эксперимент — модель — теория уточняется и углубляется с позиций теории информации, что позволяет сделать некоторые интересные выводы общего методологического характера. Определенный вклад в это вносит также анализ специфики кибернетического моделирования и соотношения кибернетической модели и теории в конкретных науках гуманитарного и медико-биологического профиля.

В книге содержится также философский анализ понятия модели. Значительное внимание уделено исследованию особенностей математических моделей, играющих все более важную роль в современном распространении метода моделирования, по сути дела, на все отрасли научного познания. При этом раскрывается эвристическая функция математики в научном познании.

Что касается теоретического аспекта соотношения эксперимент — модель — теория, то особое внимание уделяется раскрытию основных видов и функций научных теорий в познавательном освоении действительности. На физическом материале рассматриваются так называемые теории жесткой детерминации и статистические теории. Обсуждается уникальная мировоззренческая и методологическая функция квантовой теории. Прогнозируются некоторые пути формирования нового класса научных теорий, которые будут диалектическим отрицанием статистических теорий. Ряд общих особенностей формирования теорий в единстве с экспериментальной деятельностью выявляется путем анализа развития физических теорий при решении проблемы элементарности.

Рассматриваются также философско-логические проблемы построения теорий. При этом обсуждаются вопросы соотношения теории и формальной системы, теории и гипотезы, использования гипотез и фикций при построении теории. Представляет определенный интерес анализ вопроса о том, в каком смысле в современном естествознании имеет место примат теории. Теория может задавать область наблюдаемого по-разному. Без теории соответствующие данные нельзя было бы истолковать. Показывается, однако, что всякая теория есть истолкование данных, существующих до и независимо от теории, хотя и обнаруживаемых не без посредства теории.

В современной методологической литературе довольно оживленно обсуждается вопрос о роли в судьбе теории так называемых решающих или критических экспериментов. Авторы приводят интересные аргументы за и против. Делается обоснованный вывод о том, что существенность роли того или иного эксперимента в принятии или отбрасывании той или иной теоретической концепции зависит от реально сложившейся познавательной ситуации, от наличия или отсутствия альтернативных теорий, от их объясняющей мощи и способности справляться с трудностями как экспериментального, так и теоретического порядка.

Поскольку всякая достаточно развитая наука представляет собой определенную систему теорий, связанных друг с другом, а также с теориями других наук, возникает довольно важная проблема взаимосвязи теорий и интертеоретических отношений. В книге рассматриваются синтаксические, семантические и прагматические интертеоретические отношения, а также редукция одних научных теорий к другим и иные частные случаи взаимоотношений между теориями.

На высоком теоретическом уровне освещен ряд принципиальных вопросов соотношения эксперимента, модели и теории в современном научном познании. Книга является еще одним конкретным свидетельством плодотворности совместных исследовательских разработок ученых социалистических стран.

Социализм и наука

Вопрос о взаимосвязи науки и социализма носит исторический характер. При этом сопоставление с прошлым дает возможность понять те новые моменты, которые несет с собой социализм как социальная основа развития науки. Именно с этих позиций написан коллективный труд советских и чехословацких ученых «Социализм и наука», вышедший под редакцией члена-корреспондента АН СССР С. Р. Микулинского и академика ЧСАН Р. Рихты (R. Richta).

Исторический подход позволил ведущим философам двух социалисти-

ческих стран уточнить сущностные характеристики взаимосвязи науки и общества в условиях социализма, раскрыть позитивные тенденции в их отношении.

В своей работе авторы проанализировали не только достижения науки при социализме, но и развитие научного знания и научной деятельности в развитых капиталистических странах. При этом они показали, что научно-технический прогресс в условиях капитализма порождает глубокие противоречия, что, в свою очередь, позволяет выделить такие аспекты проблемы взаимоотношения науки и общества, как определение возможностей развития и применения науки в той или иной социальной системе, выявление тех социальных проблем, которые возникают в этой связи и решение которых целиком зависит от природы общественного строя.

Социализм открывает новые перспективы развития науки, превращая ее в одно из фундаментальных оснований рождающейся коммунистической цивилизации. В труде с широкой аргументацией, на конкретном материале показано, что в условиях социализма наука обогащается новыми функциями, целями, ориентирами.

Анализируя специфические особенности развития науки, условия, наиболее благоприятствующие эффективности научно-исследовательского поиска, авторы теоретически обобщают исторический опыт научно-технической революции, анализируют отношения между фундаментальными и прикладными науками, естествознанием и техникой. Они показывают, как происходит сближение этих в прошлом довольно далеких друг от друга сфер научной деятельности.

Проводя комплексное исследование, синтезирующее достижения теории и итоги практики, обобщая опыт естественных, технических и общественных наук, авторы вместе с тем выявляют специфические особенности научного творчества, результаты которого, особенно в фундаментальных исследованиях не могут быть заранее предвосхищены. В книге систематизированы основные принципы марксистского философского и социологического понимания науки как специфической формы социальной деятельности.

В своих выводах авторы исходят из марксистско-ленинского понимания сущности духовного производства как социально-исторической активности человека. В труде детально исследуется вопрос о социальных функциях науки и их обогащении при социализме. Авторы разделяют социальные функции науки на две основные — познавательную и практическую, выделяя в составе последней производственно-техническую, социально-управленческую и культурно-мировоззренческую функции. Они подчеркивают, что при анализе науки как целостной системы следует выделять и изучать общесоциальные закономерности развития науки и общенаучные закономерности, характеризующие развитие науки как сферы познавательной деятельности.

Основное внимание в труде уделено насущным современным проблемам развития науки. Авторы показывают, что характер социалистических отношений соответствует таким важнейшим особенностям современной науки, как необходимость концентрации огромных материальных и человеческих ресурсов, осуществления плановой долговременной стратегии научно-технического прогресса на основе развития фундаментальных исследований, необходимость общегосударственного и межгосударственного управления наукой, стимулирования планомерного, восходящего ее развития, учета социальных условий, последствий и перспектив НТР и т. д.

Актуальность исследования этих проблем подчеркнута июньским (1983 г.) Пленумом ЦК КПСС, который указал, что решающее значение приобретает ныне единая научно-техническая политика.

Несомненной удачей советско-чехословацкого коллектива авторов является обобщение практического и творческого опыта научной деятельности в социалистических странах. Особое внимание уделяется анализу принципов научно-технического сотрудничества стран — членов СЭВ. Опыт стран социалистического содружества в области установления новых форм связи науки и производства, науки и непроизводственной сферы рассмотрен также в аспекте личностных «ресурсов», с позиции гармоничного сочетания материальных и духовно-нравственных стимулов, способствующих активному внедрению достижений науки и техники в производственную практику.

Следует особо отметить, что проблема гуманистических целей науки, личностные аспекты научно-исследовательской деятельности нашли глубокое отражение в исследовании авторов книги. Удачное обобщение и дальнейшее развитие получили результаты психологических, социально-психологических, социологических исследований мотивации деятельности ученых их ценностных ориентаций, роли в научном коллективе и ответственности перед обществом и т. д.

В заключение своего исследования авторы анализируют особенности нового исторического типа науки. Рассматривая ближайшие перспективы и задачи развития науки в условиях социализма, они подчеркивают, что «наука соединяет общественное познание и преобразование мира со всеобщим развитием общества и человека, которое является одновременно следствием и исто средством и целью». Авторы вают этот вывод с разработкой менением используемого ими «исторический тип науки», а использованием развитой с теоретико-методологических пов материалистической диал

Советско-чехословацкий тру ставляет собой фундамент комплексное исследование, таты которого могут оказать венное влияние на дальнейшее шенствование практики нау следовательской деятельност ловиях социализма и на развит плексной марксистской теории

Сессия двусторонней Комиссии философов СССР и ГДР

В мае 1982 г. в Ташкенте и проводилась очередная XI двусторонней Комиссии филос СССР и ГДР. Программа предусматривала проведение го симпозиума по теме «Фило и культура», торжественного ния в Педагогическом инсти Бухаре, посвященного 60-лет разования СССР, рабочего зас Комиссии, встреч участников с коллективами научных учрежд учебных заведений Ташкента ры.

На научном симпозиуме по «Философия и культура» были шаны доклады: академика Т. зермана (СССР) — «Марксист нинская концепция культуры», мика В. Эйхгорна (W. Ei ГДР) — «История философии тура», члена-корреспондент СССР М. Т. Иовчука (СССР) - циально-философские пробле вития социалистической культ академика Э. Хаана (Е ГДР) — «Идеология и искусст социализме».

В докладе Т. И. Ойзермана подчеркнуто, что исходным ксистско-ленинском понимани туры является материалисти учение об изменении челове природы вследствие того, что чество изменяет окружающ природу. Поэтому культура пр ляет собой единство сущност человека, его способностей, ностей и многообразных форм тивации человеческой деятел ее опредмечивания. Этим обус универсальный характер ку культура производства, культ зяйствования вообще, культу равления, культура свободно мени, политическая культура, ра мышления, художественна тура и т. д. В условиях развит циализма как отметил док культурный прогресс во всех тях материальной и духовной является главным резервом п ния производительности труд фективности производства.

вания производственных от-
й, формирования человека
истического типа.
хгорн посвятил свой доклад
философии в развитии куль-
Особое внимание уделил он
о культурных функциях мар-
о-ленинской философии, при-
щих в условиях развитого
зма всеохватывающий ха-
В системе социалистической
ы философия выполняет ми-
енческую, познавательную,
ательную, политическую,
оральную функции.
ладе М. Т. Иовчука были по-
характерные черты и ценные
ения советской многонацио-
культуры, ее тесное взаимо-
е с культурами народов со-
ических стран. Подвергнув
факты определенной миро-
ческой неразборчивости,
незрелости отдельных писа-
окладчик подчеркнул ответст-
ь философов за развитие в
истической культуре традиции
ующего материализма, заве-
В. И. Лениным, необходи-
тесного идейно-мировоззрен-
сотрудничества философов с
ми культуры и искусства.
льшим интересом участники
прослушали доклад Э. Хаана,
енный проблемам взаимоотн
я искусства и идеологии при
зме. Развитие искусства в
ы, как отметил докладчик, ха-
зуется возрастанием общест-
воздействия искусства, углу-
процесса его самопознания
нием мировоззренческой ак-
и писателей. Подчеркнув при-
ность искусства к сфере иде-
общность искусства и идеоло-
кладчик вместе с тем обратил
е на необходимость исследо-
пецифичности искусства, вы-
ей из его неразрывной связи
льной психологией.
слушанным докладам развер-
ожившленная дискуссия. Высту-
обсуждали проблему понима-
ности культуры и критериев
ития, внося соответствующие
ения в основные положения
в. Профессор С. И. Попов
подчеркнул, что в понятие
ы изначально «вмонтирован»
венный, ценностный элемент.
й проявляется, когда говорят о
сивной или реакционной куль-
адемик Г. Герц (H. Hörz, ГДР)
внимание на важный аспект
грения культуры, когда акцент
я на значении развития науки
ки. Академик АН ЛатвССР
Гейнберг указал на необходи-
марксистского исследования
ы экологической культуры.
зно и обстоятельно на симпо-
обсуждались проблемы куль-
строительства при социализ-
демик АН УзССР Э. Ю. Юсу-
ви-корреспондент АН УзССР
М. М. Хайруллаев и другие ораторы остановились на опыте народов, миновавших стадию капиталистического развития, и показали на примере Узбекистана и других советских республик Средней Азии выдающиеся достижения социалистической культуры, их вдохновляющий пример для стран Востока.

Р д ученых — Ф. Кумпф (F. Kumpf, ГДР), Г. Мерчинг (G. Mertsching, ГДР), В. Йезер (W. Jehser, ГДР) и другие — более подробно рассмотрел проблемы взаимоотношения искусства и идеологии. В их выступлениях подчеркивалось, что в условиях социализма возрастает идеологическая функция искусства, что деятели культуры и искусства несут огромную идеологическую ответственность, что необходима серьезная критика буржуазных концепций, в которых утверждается противоположность искусства и идеологии.

Подводя итоги обсуждению проблем философии и культуры, М. Т. Иовчук отметил, что философы СССР и ГДР стоят на прочных марксистско-ленинских позициях по основным проблемам философии и культуры, проявляют классовый подход к анализу всех явлений общественной жизни.

На рабочем заседании Комиссии были обсуждены итоги и перспективы дальнейшего научного сотрудничества в области философских наук в СССР и ГДР в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС и X съезда СЕПГ. В качестве основных направлений были выделены: исследование марксистско-ленинского наследия; ленинского этапа развития марксистской философии; актуальных проблем материалистической диалектики; диалектики общественного развития; философских проблем социалистической идеологии и культуры; формирования личности в условиях социализма; критика идеологии антикоммунизма, буржуазной философии, социал-реформизма и ревизионизма.

Следующую, XII сессию Комиссии предполагается провести в 1984 г. в ГДР, посвятив ее теме «Философско-социологические проблемы борьбы за мир».

X Всемирный социологический конгресс

В августе 1982 г. в Мехико состоялся X Всемирный социологический конгресс, организованный Международной социологической ассоциацией (МСА). В нем приняло участие свыше 2500 социологов из разных стран мира. Широко были представлены страны социалистического содружества, страны Латинской Америки, Индия, молодые государства Африки и другие развивающиеся страны. Много участников прибыло из США, Англии, Франции, ФРГ, Японии, Италии, Скандинавских стран.

Главная тема конгресса — «Социологическая теория и социальная практика» — обсуждалась на четырех пленарных заседаниях, 35 симпозиумах, многочисленных сессиях 37 исследовательских комитетов МСА, специальных заседаниях и в тематических группах.

Советская делегация активно участвовала в работе почти всех основных подразделений конгресса. На пленарных заседаниях выступали член-корреспондент АН СССР Т. В. Рябушкин, доктора философских наук Х. Н. Момджян (председатель правления Советской социологической ассоциации), Г. В. Осипов, Н. И. Лапин. Р д симпозиумов проходил под руководством советских ученых: «Новые тенденции в марксистской теории» — доктора философских наук А. Г. Здравомыслова, «Социальные условия развития личности» — доктора философских наук Г. М. Андреевой, «Мировые и локальные цивилизации» — доктора исторических наук Ю. В. Арутюняна. С докладом на симпозиуме по проблеме социальных показателей выступила академик Т. И. Заславская. Большой интерес участников конгресса вызвала группа на тему «Диалектика и социология», работавшая под руководством Х. Н. Момджяна. Советские ученые были также организаторами ряда заседаний исследовательских комитетов (доктор исторических наук И. В. Бестужев-Лада, доктора философских наук С. Н. Плотников, Ф. Р. Филиппов, А. Г. Харчев и другие).

Организаторами и активными участниками многих заседаний конгресса были видные ученые из братских стран социализма.

Впервые в истории всемирных социологических конгрессов на рассмотрение участников дискуссий в Мехико были представлены результаты совместных исследований ученых стран социалистического содружества по вопросам сближения рабочего класса с интеллигенцией, социальным проблемам студенчества, характерным для социалистического общества тенденциям жизненных путей молодежи. Итоги названных исследований были в большинстве своем опубликованы накануне конгресса в виде международных коллективных монографий или сборников.

Состоявшиеся на конгрессе дискуссии характеризовались прежде всего растущим интересом к марксистскому анализу социальных процессов, идущих в современном мире. Правда, порой этот интерес высказывался в сопровождении различных оговорок — о необходимости «улучшения», «исправления» исторического материализма, о якобы имеющемся «расхождении» между теорией марксизма и практикой реального социализма и т. п. Однако чаще всего высказывался глубокий и неподдельный интерес именно к практическому воплощению идей и принципов марксизма в современном социалистическом об-

ществе. Не обошлось, понятно, и без голословных рассуждений о «кризисе» социалистической экономики, «затухании» научного творчества в странах социализма и иных измышлений, по поводу которых социологи-марксисты выступили с убедительной, основанной на конкретных фактах социалистической действительности критикой и с разъяснением объективного положения вещей. Явственно обнаружилось отсутствие какой бы то ни было «большой идеи», которую буржуазная социология могла бы противопоставить марксизму.

Весьма острый характер носили дискуссии о социологических проблемах войны и мира. Выдвинутый некоторыми буржуазными социологами тезис о «равной ответственности» США и СССР за обострение международной обстановки встретил решительный отпор не только со стороны советских делегатов, напомнивших о последовательно миролюбивой внешней политике Советского Союза, других стран социализма, о многочисленных мирных инициативах СССР (эти высказывания советских ученых были с энтузиазмом поддержаны большинством участников конгресса), но и со стороны представителей развивающихся стран, выступивших с последовательно антиимпериалистических позиций. «Разве можно считать следствием «равной ответственности» фашистский переворот в Чили, антинародный террор в Сальвадоре, грязную деятельность ЦРУ в странах Латинской Америки?» — спрашивали многие участники одного из заседаний исследовательского комитета «Социология образования» при обсуждении темы «Образование и массовые движения».

Бесплодными оказались и попытки ряда буржуазных социологов возродить на «новой основе» давно дискредитировавшие себя концепции. Так, пресловутая теория «конвергенции» различных общественных систем преподносилась уже не на базе спекуляций вокруг социальных аспектов научно-технической революции, как это было прежде, а на базе «теории конфликтов», которая пытается рассматривать механизм общественного конфликта вне конкретного социального контекста, как нечто универсальное. Подобным же образом выдвигались некоторые «новые» варианты теории «постиндустриального общества» (в виде концепции «информационного общества» и т. п.).

Вместе с тем некоторые из используемых в буржуазной социологии методов исследований, способов измерения применительно к социальным явлениям и процессам (например, к процессу социальной мобильности) были встречены на конгрессе с интересом. Обозначились объективные возможности для развития международного сотрудничества социологов социалистических и капиталистических стран, сопоставления результатов исследований, взаимного обмена их методиками и т. д. Советские социологи приветствовали и поддерживали такие возможности и совместно с зарубежными коллегами намечали перспективы дальнейших научных контактов.

Особое внимание на конгрессе было уделено проблемам демократизации общественной жизни, преодоления наиболее тягостных для народных масс акций администрации развитых капиталистических стран. В связи с этим острой критике со стороны ученых из США, ряда стран Латинской Америки подверглись внутренняя и внешняя политика правящих кругов США, экономические и политические последствия «рейганомики».

Весьма острый характер носила критика различных форм неоколониализма. Горячо обсуждались ход и последствия агрессивных действий Англии и США в связи с кризисом вокруг Фолклендских (Мальвинских) островов.

Антиимпериалистические, антиколониалистские выступления приобретали порой неожиданную форму. Так, сразу же после официального открытия конгресса состоялись массовые манифестации молодежи против монопольного господства в органах конгресса английского языка и с требованием включить испанский язык в качестве рабочего в деятельность всех подразделений МСА.

В целом конгресс прошел в деловой, конструктивной обстановке. Этому немало способствовали благоприятные условия, созданные мексиканским оргкомитетом, дружелюбие и спокойное достоинство, с которым жители Мехико относились к участникам конгресса, выдержанная и позитивная позиция представителей СССР и других стран социализма, многие из которых избраны в руководящие органы МСА.

XII Всемирный конгресс Международной ассоциации политических наук

Наблюдающийся в последние годы рост политических исследований, равно как и рост внимания к ним со стороны широкой общественности, — одно из свидетельств общего процесса политизации многих сфер социальной жизни и повышения политической активности массовых слоев населения стран разных мировых систем. Наука и политика сближаются, причем этот процесс охватывает теперь не только гуманитарные и собственно социальные науки.

В августе 1982 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия) состоялся XII Всемирный конгресс Международной ассоциации политических наук (МАПН). В работе конгресса приняло участие около 1500 человек из 57 стран. Делегацию Советской ассоциации политических наук в составе 51 человека возглавлял академик П. Н. Федосеев.

Проблематика конгресса, в целом посвященная соотношению общества и государства в 80-е годы, слагалась из трех тематических частей: «В поисках нового международного порядка», «Общество и политическая общность», «Политическое мышление: прошлое, настоящее и будущее». Характерно, что основное внимание участников конгресса, как и бразильской прессы, было привлечено к первой теме, в рамках которой обсуждались в первую очередь глобальные проблемы человечества, вопросы войны и мира, ограничения вооружений, разрядки и урегулирования конфликтов, пути перестройки международных экономических отношений, экологические проблемы человечества и т. д. С полной ясностью здесь выявилось стремление к конструктивному диалогу между политологами разных и даже противоположных мировоззренческих позиций, поиск взаимоприемлемых решений для достижения прочного мира, консолидации разрядки, расширения взаимовыгодного сотрудничества.

Работа секций и комитетов по второй теме конгресса показала, с одной стороны, возрастание влияния демократических и либеральных идей в немарксистской политической мысли, а с другой — живучесть антисоциалистических, антикоммунистических настроений.

Историческая и методологическая проблематика третьей темы носила несколько более отвлеченный, философско-гносеологический характер (политическая логика и семантика, политическое мифотворчество и т. п.).

Кроме пленарного заседания, работа проходила более чем в 150 научных подразделениях конгресса. Советские ученые активно работали в большинстве заседаний конгресса и представили более 70 докладов. Широкий и позитивный резонанс среди участников конгресса получило выступление на его открытии академика П. Н. Федосеева, который подчеркнул, что сохранение и упрочение мира, прекращение дальнейшего наращивания ядерных потенциалов, предотвращение ядерной войны — ключевая задача современности. Роль науки в исторических судьбах человечества, ее ответственность за его будущее необычайно велика. Это относится как к наукам естественным и техническим, так и к наукам общественным. Для ученых первостепенную важность представляет вопрос, чему служит современная наука. Ныне, как никогда, велики общественный интерес к науке и ее влияние на ход социальных процессов в мире, ее роль в международной политике, во взаимоотношениях государств с различным государственным строем.

Современная научно-техническая революция представляет собой, с

одной стороны, стержень общественного прогресса, а с другой — источник средств разрушения глобального масштаба. Поэтому так актуальны социальные, политические и идеологические характеристики обществ, где происходит научно-техническая революция.

В настоящее время целеустремленная борьба за сохранение и углубление разрядки, проводимая Советским Союзом и братскими странами социалистического содружества, встречает растущую поддержку миролюбивых сил на всей Земле, в том числе и среди ученых, представляющих страны с различными социальными системами и глубоко осознающих губительные последствия ядерной катастрофы и жизненную необходимость ее предотвращения.

Ученые всего мира должны объединить свои усилия в этой борьбе; подобные форумы ученых в области политических наук несомненно сыграют важную роль в поисках путей предотвращения войны и сохранения мира.

Особое значение имело заседание исследовательской группы МАПН «Марксистская политическая мысль», на которой рассматривалась ленинская концепция преодоления слаборазвитости. Было принято решение провести в 1983 г. ряд заседаний этой группы в связи со 165-летием со дня рождения и 100-летием со дня смерти К. Маркса. Марксистская концепция государства — его природы и функций в современном обществе — убедительно прозвучала в ходе работы заседания «Теории государства».

На конгрессе выявилось усиление размежевания как между политической наукой США и стран Западной Европы, так и в идейно-политических позициях западных ученых, часть из которых выступила против консервативно-реакционной политики правящих групп в капиталистических странах, за упрочение мира — в практической политике и за научное сотрудничество и диалог с учеными из социалистических стран — в сфере науки. Расширилась политологическая тематика, продуцируемая проблемами развивающихся стран и их ролью на международной арене.

Оценивая в целом итоги XII конгресса МАПН, можно констатировать, что советской делегации при содействии коллег из других социалистических стран удалось закрепить и развить позиции марксистской политической теории, завоеванные на XI конгрессе, проходившем в Москве в 1979 г.

О некоторых направлениях современной буржуазной политологии

В 1982 г. издательство «Наука» выпустило монографию «Современная буржуазная политическая наука: проблемы демократии и государства» под общей редакцией доктора юридических наук Г. Х. Шахназарова, подготовленную коллективом авторов Института государства и права АН СССР и Советской ассоциации политических наук.

В работе выявлена несостоятельность общего методологического подхода буржуазной политологии и показана ошибочность главных ее выводов, которые не согласуются с фактами реальной политической жизни империалистических государств, искаженно изображаемой в работах буржуазных политологов.

Первая глава книги посвящена анализу становления и развития буржуазной политической науки. Авторы показывают сходство и развитие «традиционной» политической социологии и «новой» политической науки, которая теперь представляет собой особую академическую дисциплину, сложившуюся в развитых капиталистических странах после второй мировой войны. Особое внимание уделяется концепциям «политического класса» итальянского юриста Г. Моски (Mosca) и теории «элиты» социолога В. Парето (Pareto), взглядам немецкого философа, социолога и историка М. Вебера (Weber) по вопросам социологии государства, концепции «железного закона олигархии» немецкого социолога Р. Михельса (Michels) (под этим законом он понимал комплекс тенденций, ведущих к возникновению олигархической структуры власти), взглядам американского социолога А. Бентли (Bentley), создавшего теорию «заинтересованных групп» (в основе этой теории лежит понятие деятельности людей, предопределенной их интересами и направленной на обеспечение этих интересов путем давления на государственную власть, хотя тот факт, что различные социальные группы имеют различные возможности для такого давления, игнорируется).

Вторая глава посвящена современной политической социологии США, где раньше, чем в других странах, «новая» политическая наука сложилась в самостоятельную академическую дисциплину с высокой степенью профессионализации и специализации, с собственной исследовательской методологией. Первоначально эта новая дисциплина, введенная в университетах США, имела неясный профиль и объединяла политическую философию, политическую экономию, право, политическую историю, но теперь, по утверждениям американских политологов, она обладает своим специфическим объектом и методами исследований. В настоящее время сильное влияние в политической науке США имеет бихевиористская методология, с позиций которой анализируются феномены государственного управления «в терминах наблюдаемого поведения людей». По мнению бихевиористов, в результате изучения фактического поведения можно установить лежащие в его основе намерения и мотивации как отдельных людей, так и целых групп. Основополагающими принципами бихевиористской политологии провозглашаются требования научной нейтральности, опора на данные, полученные в ходе выборочных эмпирических обследований, и т. п.

Анализируя состояние политической науки США, авторы рассматривают эмпирические теории политической власти и политического поведения с точки зрения концепции «заинтересованных групп» (работы Д. Трумэна (Truman), Р. Даля (Dahl) и др.), а также теорию демократии и концепцию элитизма. В настоящее время в американской буржуазной политологии широко распространена «процессуальная» версия, которая имеет два основных варианта — плюралистический и элитарный. Сторонники первого варианта рассматривают демократию как политический механизм, регулирующий взаимодействие между конфликтующими интересами путем предоставления различным социальным группам законного доступа к «принятию решений». В рамках второго — демократия рассматривается как политический процесс, обеспечивающий осуществление демократических принципов отбора и деятельности политической элиты.

В последнее время получила также распространение неоэлитистская концепция демократии, представители которой, в частности, утверждают, что правящая элита в США более последовательна, рациональна и активна в осуществлении идеалов демократии, чем широкие массы американского буржуазного общества. В отличие от «неоэлитизма» представители леворадикальной концепции «правящего класса» считают, что захват этим классом контроля над важнейшими областями экономической, социальной и политической жизни является главной причиной упадка демократии. В этой главе рассматриваются также технократические концепции политической власти, которые служат выражением притязаний административной и научной элит на более значительную роль в управлении обществом. Глава завершается анализом концепций политической власти и политического развития, а также рассмотрением некоторых новых концепций 70-х годов (в частности, пост-бихевиоризма).

Рассматривая различные концепции американских политологов, авторы книги отмечают научное значение некоторых методов их исследований и вместе с тем отчетливо обнажают антикоммунистическую сущность ряда теорий (элитарных, концепций политической модернизации, тоталитаризма и др.).

Третья глава посвящена исследованиям английских политологов. В от-

...личие от эмпирического подхода политической науки США политология в Англии осталась под сильным влиянием историко-философских подходов. Особое место в главе уделяется одной из центральных проблем современной английской политологии — политическим партиям, которые анализируются, с одной стороны, в качестве выражения групповых или даже классовых интересов, а с другой — в качестве «ключевых институтов политической системы, осуществляющих консолидацию интересов различных частей общества, организацию и выражение общественного мнения, арены для рекрутирования политических лидеров. Группы давления английские политологи рассматривают в контексте концепции так называемого «либерального корпоративизма», где различные институты политической системы несут солидарную ответственность за управление государством. Политическую систему Великобритании английские политологи анализируют в основном с помощью исторического метода и считают, что ее политическое развитие является «отклонением» от развития других европейских стран.

В главе дается характеристика исследований английских ученых по проблемам сравнительной политики, которые якобы осуществляются с позиций «беспристрастного» социального анализа, но на деле проникнуты враждой к социалистическим странам и странам, которые после освобождения от колониализма избрали путь некапиталистического развития.

В четвертой главе авторы освещают становление политической науки во Франции. В этой стране она сложилась как итог развития государственного (или конституционного) права, но в настоящее время охватывает почти все вопросы политической организации общества и политических отношений. Состоявшийся в Париже в 1948 г. коллоквиум по вопросам политической науки определил ее содержание (политическая теория, политические институты, партии и группы, общественное мнение, международные отношения). С 1956 г. во Франции была введена ученая степень доктора политических наук. По вопросу о предмете политической науки во Франции существуют различные взгляды, но основная часть французских ученых считает, что ее объект — изучение феномена власти, в основном через анализ политических институтов.

В главе детально рассматриваются французская институциональная концепция государства, которая искажает действительность, изображая империалистическое государство в качестве организации всех членов общества в целях общего блага, а также теория социальной стратификации, которая либо отрицает существование классов в буржуазном обществе, заменяя их множеством других социальных групп (страт), либо утверждает, что классовая борьба уступает место противоречиям этих страт. Здесь анализируются и взгляды французских политологов на политические системы и на политический режим, который во французской политологии рассматривается в качестве главной характеристики государства, а научное понятие исторического типа государства, его классового характера игнорируется.

Ряд ведущих буржуазных ученых занимает антисоветские позиции, которые могут нанести ущерб делу мира и традиционной дружбе советского и французского народов.

Пятая глава посвящена политологии послевоенной Италии. Развитие политической науки в Италии началось с обращения к наследию Г. Моски и В. Парето, а также с издания переводных трудов политологов и социологов США и Западной Европы. Для итальянской политической науки 50-х годов характерно проведение эмпирических исследований. В начале 60-х годов появился ряд работ, носящих в основном дидактический характер, и лишь с конца 60-х годов стали выходить исследования по теоретическим и методологическим проблемам. Наиболее заметным направлением в итальянской политической науке являются работы по социологии партийных систем, в результате чего сформулирована идея «конкурентной демократии», ряд исследований посвящен соотношению политической науки с политической социологией, с философией, социологией в целом.

В завершающей главе монографии рассматривается политическая наука в ФРГ. Авторы отмечают, что в ФРГ политология носит в значительной степени теоретико-философский характер, хотя и в этой стране она выполняет «утилитарные» задачи. Это объясняется значительным влиянием философии немецкого классического идеализма, традиционной философии государства. В настоящее время заметно стремление возложить на политологию также функции социально-философского плана, придать ей интегративный характер. В книге рассматриваются основные направления в западногерманской политологии: нормативистское (нормативно-онтологическое) и неопозитивистское. Первое исходит из идей социального идеализма и ставит задачу определить цели и нормы политической деятельности, воспитать граждан, как утверждается, в духе гуманистических воззрений. На деле это буржуазный гуманизм, составной частью которого является антисоциалистическая направленность. Второе направление исходит из методологии критического рационализма К. Поппера (Popper) и Г. Альберта (Albert) и призвано подвергать критике господствующие в обществе политические воззрения, используя для этого накопленные философско-политические знания. Однако критический настрой этого направления в значительной мере обращается против идеологии рабочего класса, нередко приобретает отчетливый антикоммунистический характер. Значительное место в политической науке ФРГ традиционно занимает философия государства. Западногерманская политология выполняет идеологическую функцию оправдания буржуазной политической системы и одновременно пытается дискредитировать социалистическое общество, его демократию.

В монографии уделено главное внимание историко-методологическому аспекту критики современных буржуазных теорий демократии и политики. Обращаясь к истокам и общему историческому движению буржуазного политико-теоретического сознания, марксистская политическая мысль тем самым расширяет свои представления о путях и способах развития политического знания в современную историческую эпоху.

Международное значение Конституции СССР

В октябре 1982 г. исполнилось пять лет со дня принятия новой Конституции СССР — Основного Закона первого в мире государства развитого социалистического общества. Она явилась могучим средством дальнейшего развития и углубления социалистической демократии, укрепления

СТО ЛЕТ НАЗАД

Английский химик Ф. Трутон установил эмпирическое правило, гласящее, что для всех веществ отношение мольной теплоты испарения к абсолютной температуре кипения есть величина постоянная.

Л. Брукс-Юнг (Канада) впервые изготовил штемпелевальную машину для гашения знаков почтовой оплаты и нанесения на письма, почтовые карточки календарного штемпеля.

Американский часовой мастер О. Мергенталер (уроженец Германии) изобрел линотип — строкоотливную машину для набора текста газет, журналов, книг и его отливки в виде монолитных металлических строк с рельефной печатающей поверхностью.

дружбы и сотрудничества всех наций и народностей нашей страны. Принятие новой Конституции Союза ССР вызвало большой международный резонанс, оказало значительное воздействие на процессы мирового развития. Это предопределяется историческими преимуществами социализма перед капитализмом, достижениями советского народа в деле построения коммунизма, самим содержанием новой Конституции СССР.

В монографии «Международное значение Конституции СССР» (М., Международные отношения, 1982), написанной коллективом известных ученых-юристов, сотрудников Института государства и права АН СССР, показано то огромное влияние, которое оказала Конституция СССР 1977 г. в политическом, социальном, идеологическом плане на все стороны жизни государств с различным социально-экономическим строем.

Книга открывается разделом, посвященным теории и практике Советской Конституции. В связи с этим подробно анализируются такие вопросы, как сущность конституции и основные этапы ее развития, общая характеристика Основного Закона СССР 1977 г., конституция и демократия, конституция и гражданин. Важное место занимают проблемы регулирования национальных отношений, определения форм национально-государственного устройства наций и народностей в Советской Конституции.

В монографии всесторонне раскрывается положение о том, что в новом Основном Законе СССР нашли отражение две главные тенденции, характеризующие современный этап развития нашего многонационального государства: во-первых, прогрессирующее сближение наций и народностей СССР, которое предопределяет необходимость укрепления союзных начал, повышения уровня централизации государственного руководства; во-вторых, всестороннее развитие республик, повышение их роли в экономической, политической и культурной жизни СССР, что обусловливает расширение их участия в принятии и выполнении решений, принимаемых Союзом ССР.

Во втором разделе монографии показано, какое огромное влияние оказывал и оказывает советский опыт конституционного регулирования общественной и государственной жизни на конституционное развитие других стран социализма. На конкретных примерах продемонстрировано, какие основные черты советских конституций, будучи выражением общих закономерностей социалистического конституционного строительства, творчески использовались братскими странами с учетом специфики развития каждой страны.

Следует отметить, что в настоящее время обмен опытом конституционного развития идет не только по направлению от СССР к братским странам, но и от братских стран к СССР. В работе показывается широкое использование опыта конституционного законодательства наших друзей при подготовке Конституции СССР 1977 г. Приводятся те высокие оценки, которые были даны новому Основному Закону СССР партийными и государственными деятелями, учеными социалистических стран.

Советские конституции явили миру первый пример конституционного оформления принципов не формальной, а действительной демократии — демократии для трудового большинства населения, вырастающей затем в демократию для всего народа. Это относится и к статусу личности, и к национальным отношениям, и к самой государственной организации.

На XXVI съезде КПСС отмечалось: «В конституциях большинства братских стран подчеркиваются идеи дружбы и сотрудничества с Советским Союзом. Это — большое доверие к нашей стране, и мы отвечаем тем же. Новая Конституция СССР провозглашает дружбу, сотрудничество, взаимопомощь со странами социализма краеугольным камнем советской внешней политики» (Материалы XXVI съезда КПСС, с. 6). В монографии подчеркивается, что закрепление основ миролюбивой внешней политики, принципов дружбы и сотрудничества с другими государствами, принципов социалистического интернационализма в отношениях с братскими странами стало общей закономерностью конституционного развития социалистических стран.

В третьем разделе книги авторы убедительно раскрывают влияние идей советского конституционализма на политические взгляды и государственно-правовую практику в развивающихся государствах.

Формирование политической идеологии населения, а также конституционное строительство в молодых государствах происходят в борьбе различных и неодинаковых по своей силе тенденций. В странах социалистической ориентации еще имеет место влияние концепций буржуазного конституционализма (теории разделения власти, института административной опеки и др.), хотя преобладающим, и чем дальше, тем больше, становится воздействие идей и опыта социалистического государственно-правового строительства, т. е. идей научного социализма, облеченных в юридическую форму.

В странах, развивающихся по капиталистическому пути, господствуют правовые идеи стоящих у власти эксплуататоров. Тем не менее даже в этой группе стран наблюдается некоторое влияние идей социалистического (прежде всего советского) конституционализма. Оно очень сильно сказывается на правосознании трудящихся, которые своей борьбой вынуждают господствующие классы включать в основные законы отдельные социально-прогрессивные положения, а также иногда и на конституционных взглядах демократически настроенных слоев национальной буржуазии, использующих некоторые аспекты опыта СССР в своей государственно-правовой практике (планирование, национальные моменты при создании федерации и автономных образований и др.). В работе отмечается, что Конституция СССР 1977 г. вызвала большой интерес в молодых государствах, недавно освободившихся от колониальной зависимости, ее положения изучаются в целях практического применения в конституционном законодательстве.

В четвертом разделе книги показывается, с каким вниманием встретили новую Конституцию СССР трудящиеся капиталистических государств, и прежде всего их авангард — коммунистические и рабочие партии. Среди представителей многих слоев буржуазного общества есть немало таких, кто стремился объективно оценить новую Конституцию СССР с точки зрения ее роли и значения для внутренней жизни нашей страны и как документ, способствующий укреплению мира и политики разрядки. Вместе с тем идеологи антикоммунизма всеми силами стараются исказить сущность Основного Закона СССР, дискредитировать его в глазах трудящихся масс, приглушить общественный резонанс, который он вызвал во всем мире. В монографии раскрывается несостоятельность приемов, используемых буржуазными идеологами и пропагандистами в этих целях. Анализируется также вопрос о том, какое влияние оказывают социалистические конституции на основные законы капиталистических государств. Разумеется, это не означает, что буржуазная конституция приобретает социалистические черты. Она была и остается конституцией буржуазного типа, закрепляющей политическое господство капитала, но отражающей при этом реальное соотношение противоборствующих классовых сил.

Один из важнейших аспектов международного значения новой Конституции СССР, как отмечается в заключительном разделе монографии, состоит в том, что ее дух и буква служат делу мира, безопасности народов, укреплению антиимпериалистической солидарности всех прогрессивных сил. В книге показано, что советским народом и государством движет одна мысль: сберечь и укрепить международный мир, позволить всем народам планеты сосредоточить свои усилия и ресурсы на созидательных целях, обеспечить в условиях прочного мира полный простор для дальнейшего социального прогресса человечества.

Экономика

Опыт экономического развития СССР
В жизни Советской страны 1982 год отмечен знаменательным событием. 60 лет назад свыше ста наций и народностей бывшей царской России добровольно сплотились в едином многонациональном союзном государстве, объединили свои материальные и трудовые ресурсы для строительства социалистического общества. За эти годы благодаря братскому сотрудничеству, дружбе и взаимопомощи народов СССР осуществлены огромные экономические и социальные преобразования. Достигнут невиданный по масштабам и интенсивности общественный прогресс. Ранее отсталые нации по многим показателям превзошли развитые буржуазные нации современных капиталистических государств.

Богатейший опыт экономического развития СССР, создания новой, социалистической системы хозяйства обобщен в семитомном издании «История социалистической экономики СССР». В работе изложены результаты многолетних исследований ученых Института экономики АН СССР и ряда других научных учреждений.

Это издание получило высокую оценку советской и зарубежной общественности. За научный труд «История социалистической экономики СССР» коллектив ученых удостоен Государственной премии СССР 1982 года.

Исследование охватывает широкий круг проблем создание и динамичный прогресс социалистической системы хозяйства в СССР, основные закономерности и особенности социалистического строительства на различных этапах развития советской экономики, становление и совершенствование форм и методов планового руководства и управления народным хозяйством вовлечение в этот процесс трудящихся масс специфика социально-экономических преобразований в республиках и регионах страны роль и место СССР в экономике мирового социалистического содружества внешнеэкономические связи страны с капиталистическими и освободившимися странами На каждом историческом этапе показано развитие всех важнейших сфер производственной и непроизводственной отраслей промышленности сельского хозяйства транспорта торговли финансов и др советской экономики Такой многотомный обобщающий труд создан впервые в историко-экономической литературе

В первых четырех томах авторы исследуют социалистическое преобразование экономики страны в переходный период от капитализма к социализму (1917—1937 гг.). В них раскрыта роль В. И. Ленина как величайшего теоретика и организатора новой, социалистической системы хозяйства, создателя плана строительства социализма; показаны творческое развитие Коммунистической партией ленинского плана и активное участие всех советских народов в осуществлении социалистической индустриализации и коллективизации сельского хозяйства, культурной революции, преодолении социально-экономической отсталости бывших национальных окраин России. К середине 30-х годов основные задачи переходного периода были решены. В стране была создана материально-техническая база социализма — крупное машинное производство в промышленности и сельском хозяйстве, преодолена многоукладность экономики, ликвидированы эксплуататорские классы и устранены все причины эксплуатации человека человеком, социалистические производственные отношения стали господствующими в городе и деревне. В сложной международной обстановке враждебного капиталистического окружения в СССР в течение двух десятилетий было построено в основном социалистическое общество. СССР превратился в могущественную индустриально-колхозную державу.

Процесс созидания экономики развитого социализма анализируется в пятом и шестом томах издания Строительство развитого социализма в стране началось еще в конце 30-х годов, но было прервано Великой Отечественной войной Пришлось перестраивать народное хозяйство для нужд обороны, осуществлять беспрецедентное в истории перебазирование промышленности и кадров в восточные районы вести плановое производство в обстановке ожесточенной борьбы с фашизмом В работе раскрывается подвиг советского народа одержавшего под руководством ленинской партии победу в Великой Отечественной войне в исторически короткие сроки возродившего разрушенное народное хозяйство и продолжившего строительство развитого социалистического общества

В седьмом томе дана развернутая характеристика экономики зрелого социализма когда возросшая экономическая мощь СССР, преимущества плановой экономики обеспечивают последовательный подъем благосостояния и культуры трудящихся, создают базу для гармоничного развития личности. Рассмотрены особенности развития производительных сил (широкое использование достижений научно-технической революции, превращение науки в непосредственную производительную силу, перевод всего народного хозяйства на индустриальную основу) и производственных отношений (усиление процесса обобществления производства на всех хозяйственных уровнях, дальнейший рост общегосударственной собственности, усиливающееся сближение колхозно-кооперативной собственности с общенародной), изменения в социальной структуре советского общества. Подробно проанализированы проблемы совершенствования хозяйственного механизма (развитие системы планирования, организации и управления социалистическим производством), рассмотрены вопросы общественного воспроизводства (темпы и пропорции, его эффективность). Освещены пути создания материально-технической базы коммунизма: ускорение научно-технического прогресса на основе использования преимуществ социализма, совершенствование народнохозяйственных и отраслевых пропорций, рост производственного потенциала страны и др. Дан анализ развития всех важнейших отраслей народного хозяйства. В завершающих главах тома раскрыто влияние мировой социалистической системы и внешнеэкономических связей с капиталистическими и развивающимися странами на решение основных экономических задач этапа развитого социализма.

Издание подводит определенный итог развитию советских историко-экономических исследований и одновременно служит базой для изучения опыта СССР в социалистическом и коммунистическом созидании, для дальнейшей разработки теории развитого социализма.

Новые большие задачи поставил перед учеными-экономистами июньский (1983 г.) Пленум ЦК КПСС. Он потребовал обеспечить решительный поворот к ключевым практическим задачам, стоящим перед страной. Особенно актуальны сейчас такие вопросы, как стимулирование научно-технического прогресса, улучшение системы управления и планирования, совершенствование распределительных отношений, принципы научного ценообразования и многие другие.

Претворение в жизнь линии партии на совершенствование развитого социализма позволит сделать новый значительный шаг вперед в коммунистическом созидании, еще убедительнее продемонстрирует преимущества социалистического строя, увеличит его притягательную силу.

В свете поставленных Пленумом задач несомненную ценность представляет изучение опыта экономического развития СССР.

Страны социализма: теория и практика сотрудничества

Рост влияния социалистического содружества на весь ход мирового развития происходит в условиях дальнейшей интенсификации народного хозяйства стран социалистического лагеря. В братских странах проводится обширный комплекс мероприятий по подъему эффективности и качества производства, повышению производительности труда, обеспечению всемерного роста народного благосостояния. В связи с этим, как подчеркивалось на июньском (1983 год) Пленуме ЦК КПСС, все большее значение приобретает дальнейшее развитие братских связей стран социализма, проведение странами содружества согласованной политики как в области экономики, так и международной политики.

Данной проблематике посвящены две монографии, вышедшие в свет в 1982 г. в издательстве «Наука»: «Мировое социалистическое хозяйство: вопросы политической экономии» (под редакцией академика О. Т. Богомолова), в написании которой, помимо сотрудников Института экономики мировой социалистической системы АН СССР, приняли участие и другие ведущие советские экономисты, и совместная монография советских экономистов и ученых из ГДР «Мобильность рабочей силы при социализме. Социально-экономический механизм регулирования» (под редакцией доктора экономических наук К. И. Микульского).

Авторы первой работы определяют систему законов и категорий политической экономии, характеризующих современное мировое социалистическое хозяйство. В первую очередь рассматриваются социалистические международные производственные отношения как определенная подсистема производственных отношений социализма в целом. По своей сути эти производственные отношения социалистические, но в то же время они имеют и специфические черты, формирующиеся под воздействием факторов, присущих лишь международной сфере социалистического производства.

Важное место в механизме планомерного регулирования международного сотрудничества принадлежит рычагам и инструментам экономической политики, организационным и правовым формам. Изучается воздействие этих факторов на развитие тех производственных отношений, которые составляют основу международного хозяйственного механизма. Здесь же показано взаимодействие планомерных форм и товарно-денежных инструментов.

Исследуя далее указанные проблемы, авторы рассматривают взаимодействие международного и национальных хозяйственных механизмов в рамках мирового социалистического хозяйства.

В качестве факторов, влияющих на развитие отношений стран социализма на мировой арене и внутри региона СЭВ, изучается природа, сущность и формы связей с развивающимися и развитыми капиталистическими странами.

Производственные отношения рассматриваются в историческом развитии, показано постепенное усложнение экономических взаимосвязей социалистических стран на основе усиления взаимодействия воспроизводственных процессов, углубления международного социалистического разделения труда, формирования международной социалистической кооперации труда. Все это позволяет понять сущность различных этапов развития мирового социалистического хозяйства (в особенности интеграции) и оценить его перспективы.

Процесс развития мирового социалистического хозяйства, его количественный рост и качественное совершенствование связаны, как указывается в монографии, с объективным ходом обобществления производства, углублением международного социалистического разделения труда и т. д. Одновременно показаны существующие трудности и реальные противоречия такого роста.

Успехи поступательного движения мирового социалистического хозяйства, достижения строительства социализма, острая идеологическая борьба между социализмом и капитализмом всегда порождают у представителей буржуазной науки стремление исказить реальную картину. Оценивая буржуазные концепции мирового социалистического хозяйства, авторы рассматривают не просто отдельные теории, а показывают их общую методологическую основу, классовую направленность.

Наряду с разработкой принципиальных теоретических вопросов важно исследовать и конкретные формы проявления социалистических производственных отношений. Изучению одной из таких форм посвящена вторая монография «Мобильность рабочей силы при социализме. Социально-экономический механизм регулирования».

Проблема трудовых ресурсов, использование каждого члена социалистического общества в целях решения задачи всемерной интенсификации производства — вот те вопросы, которые встали сейчас практически перед всеми странами социалистического содружества. Учитывая сокращение общего прироста населения, надо всемерно экономить живой труд, использовать все возможности перераспределения рабочей силы. «Надо поставить дело таким образом чтобы рост выпуска продукции на действующих предприятиях достигался при стабильной или даже меньшей численности занятых»*.

Интенсификация производства сейчас уже невозможна без рационального использования рабочей силы Достижения научно-технического прогресса позволяют высвобождать работников и направлять их на незанятые до сих пор рабочие места которые нельзя ликвидировать без ущерба для народного хозяйства С другой стороны, применение новых технологий требует повышения квалификации трудящихся, что также способствует рациональному распределению трудовых ресурсов за счет сокращения непроизводительных затрат живого труда.

Не менее важна, по мнению авторов, для совершенствования структуры народного хозяйства мобильность рабочей силы. Развитие таких ведущих отраслей, как машиностроение, химия, электроника и электротехника, требует наряду с эффективным использованием уже имеющейся рабочей силы и определенного притока рабочих из других отраслей.

Рассматривая возможности перелива рабочей силы, авторы отмечают, что для трудящихся с примерно одинаковым уровнем профессиональной подготовки основным становится содержание труда. С ростом механизации и автоматизации производственных операций повышается степень приложения умственных усилий и творческого отношения к труду, все в большей степени стираются различия между физическим и умственным трудом, что и позволяет осуществлять переливы рабочей силы как внутри отраслей, так и между отраслями.

Мобильность рабочей силы в значительной степени зависит и от эффективности хозяйственного механизма. Авторы рассматривают здесь вопросы планирования рабочей силы, экономического стимулирования и др. Дается оценка введения практики лимитирования численности рабочих, влияния внедрения новой техники и разработки комплексных научно-технических программ в СССР. Указывается на положительные результаты бригадного метода организации труда и развившейся на его основе комплексной системы планирования, организации труда и материального стимулирования. Кроме того, анализируется политика СССР в области регионального стимулирования рабочей силы, что выражается в дифференцированной системе оплаты труда, которая призвана содействовать развитию новых экономических районов, что имеет большое значение

---

* Материалы XXVI съезда КПСС. М., Политиздат, 1981, с. 108.

и для многих других социалистических стран.

Особое место в монографии отводится анализу предпринятых в странах СЭВ за последние 10 лет мер по развитию нормативных методов планирования фонда заработной платы, использованию налоговой системы, соблюдению соотношения темпов роста производительности труда и заработной платы, осуществлению программ регулирования занятости и размещения рабочей силы.

Авторы монографии считают, что решающий критерий и важная предпосылка мобильности рабочей силы — способность тружеников выполнять различные работы на основе многосторонних знаний и навыков в рамках одной профессии, а также возможность осваивать смежные профессии в сравнительно короткое время и без значительных затрат, т. е. способность к перемене труда. Причем важную роль играет перспективное государственное планирование развития трудовых ресурсов. На основе фактического материала конкретно поясняются существующие в этой области проблемы и намечаются возможные пути их решения.

В условиях углубления социалистической экономической интеграции в практику сотрудничества стран СЭВ все шире внедряются методы международной социалистической миграции рабочей силы для решения важнейших народнохозяйственных задач. Рассматривая историческое развитие данного процесса, авторы выделяют и современные формы такого сотрудничества. К ним относится взаимное содействие в развитии топливно-сырьевой базы, в производстве определенных видов продукции; оказание взаимных строительных услуг; приграничное перемещение рабочей силы; наконец, перемещение рабочей силы с целью обмена опытом и знаниями, повышения квалификации, разработки научно-технических проблем, что выражается в создании совместных исследовательских коллективов, международных хозяйственных организаций.

Международная премия за исследования в области марксистско-ленинских общественных наук

В 1982 г. Международная премия за выдающиеся совместные исследования в области марксистско-ленинских общественных наук присуждена монографиям ученых социалистических стран: «Западноевропейская интеграция и мировая экономика» (М., 1979; Берлин, 1979; Братислава, 1980) и «Современные международные монополии» (М., 1978; Берлин, 1979).

Первая книга — результат совместного труда ученых НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР, которые вот уже более десяти лет плодотворно исследуют капиталистическую экономическую интеграцию в рамках Проблемной комиссии многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран «Исследование современного капитализма». Советскими лауреатами Международной премии стали доктора экономических наук, сотрудники Института мировой экономики и международных отношений (ИМЭМО) АН СССР М. М. Максимова, Ю. В. Шишков и В. В. Любимова.

В странах социалистического содружества проблемам западноевропейской интеграции посвящено немало исследований. В них проанализированы различные аспекты деятельности Европейского экономического сообщества (ЕЭС), тех или иных отдельных сторон его взаимодействия с другими странами и регионами мира. В отмеченной премией книге проблема взаимодействия ЕЭС с мировой экономикой рассматривается комплексно, всесторонне. С позиций марксистско-ленинской теории авторы не только осветили большой фактический материал, но вскрыли основные закономерности развития западноевропейской интеграции и проанализировали их в контексте общих тенденций мирового экономического развития*.

Лауреатами международной премии стали также советские авторы монографии «Современные международные монополии» — это сотрудники ИМЭМО АН СССР доктора экономических наук Ю. И. Юданов, П. И. Хвойник и кандидат экономических наук Т. Я. Белоус.

В составе авторского коллектива — также ученые НРБ, ВНР, ГДР, ПНР И ЧССР.

В монографии подробно исследуется генезис современных международных монополий. Проанализированы их формы и место в системе мирового капиталистического хозяйства, особенности международных монополий трех основных центров империалистического соперничества. Дана подробная характеристика механизмов функционирования международных монополий, их взаимоотношений с государством. Показан весь спектр социально-экономических и политических последствий их деятельности.

Подлинно научное, историко-материалистическое объяснение причин образования и распространения современных международных монополий проводится с позиций ленинского учения об империализме. Авторы обосновали, что расширение масштабов деятельности международных монополий связано с наступлением качественно нового этапа концентрации производства и капитала, в основе которого лежит объективная тенденция к интернационализации производства по мере ускорения научно-технического прогресса.

На современном этапе основной формой международной монополизации является образование транснациональных корпораций (ТНК), национальных по своему капиталу, но международных по масштабам своей деятельности. Характерной чертой стратегии ТНК становится «глобализм», заключающийся в стремлении производить и получать прибыль в масштабах всего мира, централизуя ее в своих руках.

В монографии обоснованно доказывается, что перспективы развития ТНК довольно неопределенны. Это связано с тем, что, хотя рост ТНК объективно обусловлен, их деятельность должна неизбежно подвергаться ограничениям в связи с тем, что она затрагивает важные элементы государственного суверенитета, интересы немонополистических слоев.

Изучая становление и развитие ТНК трех основных центров мирового капитализма, авторы показывают, что особенности экономической, политической и социальной обстановки в этих центрах обусловливают существенные различия в деятельности их ТНК. На современном этапе межимпериалистического соперничества наиболее сильные позиции в борьбе за экономический передел мира занимают американские ТНК. Однако соотношение сил во всех областях соперничества ТНК подвержено существенным изменениям.

Современные ТНК приспосабливаются к новой обстановке, перестраивают организационную структуру и системы управления, меняют формы экспансии и способы эксплуатации трудящихся. Важное место в глобальной стратегии ТНК занимает диверсификация производства. Современные данные говорят о том, что чем выше диверсифицирована компания, тем больше объем ее заграничных прямых инвестиций. Первостепенную роль в деятельности ТНК играет финансовая политика, служащая мощным орудием экспансии, одним из главных инструментов контроля материнской компании над действенным средством максимизации корпорационной прибыли.

Анализируя проблемы взаимоотношений ТНК с буржуазным государством, авторы показывают, что конфликты между ТНК и государствами чаще всего возникают в странах — объектах экспансии капитала. Деятельность ТНК нередко идет вразрез с государственной инвестиционной политикой, препятствует государственным программам развития, подрывает некоторые стратегически важные отрасли промышленности. Особенно пагубны последствия хозяйничания ТНК в развивающихся странах.

---

* Подробнее об этой работе см. ежегодник «Наука и человечество. 1981», с. 392. — *Ред.*

В современных условиях сформировался новый фронт международного классового противоборства — между ТНК и рабочим классом различных капиталистических стран. В этой связи возрастает значение единства рабочего класса в международном масштабе, координация действий профсоюзов. В авангарде борьбы с международными монополиями стоят коммунисты.

Широко показана в монографии агрессивная роль ТНК в международных политических отношениях. На основе этого делаются выводы о необходимости проведения международных мероприятий по ограничению деятельности ТНК, установлению равноправных и справедливых международных экономических отношений в системе мирового хозяйства.

Острые проблемы капиталистической экономики

К началу 80-х годов капитализм пришел, так и не преодолев последствия самого глубокого за послевоенный период экономического кризиса. «Развеянными иллюзиями» стали в наши дни итоги экономического развития основных капиталистических стран. Вместо ожидаемого, согласно многочисленным прогнозам западных экспертов, подъема, капиталистическое хозяйство втягивается сейчас в очередной кризис — сокращается промышленное производство, замедляются темпы экономического роста, растут дефициты платежных и торговых балансов, продолжает развиваться инфляция, увеличивается армия безработных, обостряются социально-экономические противоречия капитализма. Анализу происходящих изменений в производительности труда и эффективности производства ведущих капиталистических стран в этих условиях посвящена монография «Современный капитализм: производительность труда и эффективность». М., Наука, 1982, подготовленная коллективом научных сотрудников ИМЭМО АН СССР (ответственный редактор — доктор экономических наук С. М. Никитин).

Категории производительности труда и эффективности производства — предмет широкого обсуждения и пристального внимания со стороны различных социально-экономических дисциплин как в нашей стране, так и за рубежом. При этом принципиальное расхождение между экономистами-марксистами и буржуазными исследователями состоит в определении самой сущности этих категорий. В монографии на основе марксистско-ленинской теории всесторонне рассмотрена взаимосвязь этих показателей с другими основополагающими характеристиками экономического развития капиталистического хозяйства.

Значительное внимание в работе уделяется исследованию тенденций в изменении производительности труда и важнейших факторов, определяющих их, к которым относятся: общие условия экономического роста, включая циклическую форму капиталистического воспроизводства; процессы накопления капитала и изменения фондовооруженности труда; структурные сдвиги в экономике; научно-технический прогресс; развитие науки и образования; процессы концентрации и специализации производства; изменения в структуре и качестве рабочей силы и др. Этот анализ проводится на базе международных сопоставлений как соответствующих количественных показателей, так и качественных процессов по кругу ведущих капиталистических стран, поскольку только на основе широких сравнений можно правильно оценить значение выявленных тенденций производительности труда и относительную роль различных факторов в определении тех или иных темпов ее роста, проявившихся за послевоенный период в экономике капитализма.

В целом период после второй мировой войны до начала 70-х годов был отмечен устойчивым ростом производительности труда в главных капиталистических странах, однако его темпы были далеко не однозначны. Так, Япония и большинство западноевропейских стран существенно обогнали по этому показателю США, а Великобритания оказалась вообще на одном из последних мест среди ведущих стран капитализма. 70-е годы характеризовались снижением темпов прироста производительности труда во всех главных капиталистических странах. Причинами этого служили как факторы, общие для всех стран, так и специфические, присущие лишь некоторым из них. В этой связи в монографии проводится конкретный анализ современных тенденций и факторов производительности труда в США, Великобритании и Японии, конкретизируется роль и значение важнейших из них, рассматриваются новые процессы в этой сфере на примере трех ведущих стран капиталистической системы хозяйства.

Одна из важнейших черт развития современного капитализма — быстрое расширение сферы услуг. Значительные масштабы сферы услуг делают особенно актуальной проблему эффективности ее функционирования. Поскольку продукция сферы услуг носит невещный характер, а прямое и косвенное ее влияние на тенденции народнохозяйственной эффективности в целом постоянно возрастает, при исследовании эффективности производства невещных благ встает много специфических и до настоящего времени нерешенных вопросов. Для этого исследуются практически все виды деятельности, чья продукция принимает форму невещных благ. Основное внимание уделено анализу особенностей процессов экономии труда в этом расширяющемся секторе хозяйства, исследованию критериев оценки и показателей эффективности его отраслей, масштабам и основным факторам сбережения трудовых затрат в сфере услуг, ее воздействию на производительность труда в экономике в целом.

Снижение темпов роста производительности труда обусловило тенденцию в сторону повышения фондоемкости в 70-х годах почти во всех главных капиталистических странах, хотя в большинстве из них этот показатель снижался на протяжении всего послевоенного периода до конца 60-х годов. Изменение фондоемкости производства — это обобщенное выражение зависимости между изменениями фондовооруженности и производительности труда. Таким образом, факторы, определяющие уровень и динамику роста производительности труда, являются, по существу, и важнейшими факторами, воздействующими на фондоемкость производства. Поэтому анализу тенденций и факторов изменений фондоемкости как одного из важнейших показателей эффективности производства в монографии отводится особое место.

Повышение эффективности производства обеспечивается не только ростом производительности живого труда и фондоотдачи, но и снижением материалоемкости, т. е. экономией сырья, материалов, полуфабрикатов на единицу продукции. Современный научно-технический прогресс позволяет в больших масштабах сокращать материалоемкость производства, добиваться увеличения выхода продукции на единицу исходного сырья. Существенную роль в снижении материалоемкости производства играет также совершенствование под влиянием научно-технического прогресса орудий производства, предметов труда, технологических процессов.

В заключительной части монографии авторы с помощью экономико-математических методов устанавливают взаимосвязь народнохозяйственной производительности труда, исчисляемой по конечному продукту, не только с динамикой роста производительности труда в отдельных отраслях, но и с процессами снижения материалоемкости производства и структурными сдвигами во всей экономике.

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. *В С. Уане работает 20-тонный кран для подъема тяжестей, приводимый в действие электричеством. Прежде для работы при кране требовалось 10 человек, а ныне лишь один рабочий.*

«Электричество»

Филология

X конгресс Международной ассоциации по сравнительному литературоведению

В августе 1982 г. в Нью-Йорке (США) состоялся X конгресс Международной ассоциации по сравнительному литературоведению (МАСЛ), в котором приняло участие более 400 ученых из многих стран мира. В работе конгресса участвовала делегация советских ученых, возглавляемая заместителем директора Института мировой литературы им. А. М. Горького АН СССР П. В. Палиевским.

Научная программа X конгресса МАСЛ включала следующие три главные темы, которые обсуждались на заседаниях соответствующих секций: общие проблемы истории литературы, сравнительная поэтика, межамериканские литературные связи. Вокруг этих основных тем концентрировались многочисленные темы более конкретного характера. Так, в рамках темы «Общие проблемы истории литературы» рассматривались вопросы: природа и историчность литературного процесса; истолкование изменений, происходящих в истории литературы; история литературы и социально-историческая методология; драматическое искусство: от сцены к тексту и от текста к сцене, критический отбор: описание и оценка; традиции и новаторство в европейской литературе XVII в. и современное состояние изучения вопроса.

По теме «Сравнительная поэтика» были выделены для обсуждения следующие вопросы: теория поэтических форм; модернизм в его соотношении с литературными течениями; сюрреализм в международном контексте; поэзия и идеология; герметизм в поэзии; сравнение поэтических систем Востока и Запада.

При обсуждении темы «Межамериканские литературные связи» анализировались такие вопросы, как различные течения в американских литературах, соотношение в последних регионального и национального, эволюция повествовательных форм и другие.

Помимо секций, состоялись заседания различных коллоквиумов (например, по барокко), «круглых столов» (в том числе «Устная поэзия и новая методология», «Определение литературной терминологии, используемой при преподавании литературы» и др.) и рабочих групп (например, по темам — «Природа и функция образа в литературе и других искусствах», «Литературная история и социология литературы», «Мировая литература» и другие).

Наибольшее число докладов было представлено по первым двум темам и функционировавшим в их рамках коллоквиумам, «круглым столам» и рабочим группам. Значительный интерес участников конгресса вызвал коллоквиум по барокко, в работе которого приняли участие многие известные специалисты, в том числе Ю. Б. Виппер (СССР), Т. Кланицаи (Klanitsai, Венгрия), Л. Нельсон (Nelson) и К. Гильен (Gilen, США), П. Скрин (Skrin, Великобритания) и другие. Руководителем коллоквиума был известный исследователь европейской литературы барокко Ф. Варнке (Varnke, США). Проведение коллоквиума имело целью способствовать работе над одним из томов «Истории литературы на европейских языках», создаваемой под эгидой МАСЛ. Участники коллоквиума посвятили свои выступления эстетической и общественной природе барокко. Обсуждение этой темы показало возрастание интереса к барокко в мировом литературоведении. На секционном заседании конгресса с докладами, посвященными проблемам барокко, выступили Ю. Б. Виппер («О некоторых предпосылках изучения национального своеобразия барокко в европейских литературах XVII века») и Т. Кланицаи («Маньеризм и барокко, рассмотренные в аспекте традиции и новаторства»).

Большой интерес участников вызвала также работа подсекции «Критический отбор: описание и оценка». На одном из ее заседаний проходило оживленное обсуждение докладов Р. У ллека (Uellek, США) «Оценка в литературной критике: теория и практика» и советского литературоведа П. В. Палиевского — «Критерии ценности в критике», в котором он полемизировал с Р. Уэллеком.

Рабочая группа по теме «Мировая литература» один из пунктов заседания посвятила Институту мировой литературы им. А. М. Горького АН СССР. Участники заседания ознакомились со структурой института, масштабом его деятельности, наиболее значительными из выпущенных им трудов. Член-корреспондент АН СССР Ю. Б. Виппер кратко охарактеризовал основные теоретические принципы, на которых строится многотомная «История всемирной литературы», создаваемая в институте.

Значительное место в работе конгресса занимала тема «Сравнительная поэтика» и сопровождавшие ее «круглые столы» и рабочие группы. Доклады участников подсекции «Теория поэтических форм» были посвящены анализу одного из утвердившихся за последние годы в американском литературоведении направления — деконструкционизма, стоящего на позициях крайнего релятивизма.

Проблематика изучения литератур Азии и Африки на X конгрессе МАСЛ была представлена слабо. В программе конгресса была заявлена только одна тема, имеющая непосредственное отношение к востоковедению, — «Сравнение поэтических систем Востока и Запада». При этом большинство докладов было посвящено литературам XX в. Вопросы взаимосвязей и типологических соответствий поэтических систем Востока и Запада в древности и в средние века на конгрессе не затрагивались вовсе.

В секции «Межамериканские литературные связи» было сделано около 40 докладов. Их тематика характеризовалась стремлением охватить различные стороны литературного процесса в американских литературах.

В последний день работы конгресса были заслушаны обобщенные доклады по основным обсуждавшимся темам. X конгресс МАСЛ показал заметное падение интереса среди специалистов по сравнительному литературоведению к структурализму и повышение интереса к проблемам связи литературы и общественной действительности, хотя связь эта зачастую понимается недостаточно ясно. Усилилось внимание к проблемам ценностного подхода к литературным явлениям, к поискам критериев такого подхода. У большинства западных специалистов по сравнительному литературоведению проявилось стремление не ограничиваться при анализе художественных произведений и литературных процессов каким-либо одним подходом, а сочетать разные подходы: историко-генетический, историко-функциональный, психологический, биографический, формальный и т. п., хотя сочетание этих подходов довольно эклектично. Советские ученые и ученые из социалистических стран противопоставили этому понимание необходимости их тесной взаимосвязи на основе принципов исторического материализма.

Во время работы конгресса советские литературоведы имели полезные контакты с учеными зарубежных стран.

На заключительном этапе работы конгресса были проведены выборы в руководящие органы МАСЛ. Президентом МАСЛ избран венгерский ученый Г. Вайда (Vaida), вице-президентом на второй срок — представитель СССР член-корреспондент АН СССР Ю. Б. Виппер.

Русское литературоведение начала XX в.

Коллектив авторов Института мировой литературы АН СССР ведет планомерное изучение истории отечественного литературоведения дооктябрьской поры. Учеными созданы монографии «Возникновение русской науки о литературе» и «Академические школы в русском литературоведении» (М., Наука, 1975), в которых последовательно рассмотрены основные этапы зарождения, становления и развития литературоведческой науки в России. С этими книгами непосредственно связана и их последняя работа — «Русская наука о литературе в конце XIX — начале XX в.» (М., Наука, 1982).

Во введении определен круг проблем, обозначены методологические принципы исследования. В нем дана общая картина литературоведческих исканий в предреволюционную эпоху, характеризующихся обилием разноречивых философско-эстетических и литературно-художественных тенденций. Отсюда сложность главной исследовательской задачи: с одной стороны, определить место и историческую ценность вклада в литературоведческую науку выдающихся русских писателей и прогрессивной критики, а с другой — осмыслить методологию различных идеалистических, в том числе религиозных и интуитивистских, течений; наряду с этим раскрыть эволюцию некоторых ученых академических школ к марксизму и дифференцированно рассмотреть развитие самой марксистской методологии в литературоведении — от первого, плехановского, до высшего, ленинского, этапа. Наконец, необходимо было осветить развитие двух «слагаемых» литературоведческой науки — теории и истории литературы, учитывая при этом роль литературной критики, оказывавшей существенное влияние не только на литературу, но и на науку о ней.

Овладеть столь богатым и разнообразным материалом авторам помогает неукоснительное следование основной идее замысла: показать, как в борьбе с различными идеалистическими течениями, опираясь на достижения академического литературоведения и революционно-демократической критики, в России формируются и утверждаются материалистические принципы анализа литературных явлений, методология марксистского литературоведения.

Труд состоит из трех больших глав-частей, каждая из которых имеет сложную внутреннюю структуру. В первой из них выявляются истоки марксистского литературоведения в России. Здесь прежде всего освещается место и роль Г. Плеханова: критика выдающимся русским марксистом позитивизма, разработка таких основополагающих понятий, как мировоззрение и творчество, содержание и форма в искусстве. Особо оценивается вклад Плеханова в теорию реализма и развитие концепции социалистического искусства. Важное значение авторы книги придают методологическим исканиям народнической критики. В этой связи в главе рассматривается проблема идеала и критерия идейности в трудах П. Лаврова, принципы социального анализа литературы П. Ткачева, теория «народного реализма» Н. Шелгунова. Большое место отведено анализу теоретико-литературных воззрений Н. Михайловского — наиболее крупного представителя народнической критики, много сделавшего для развития отечественного литературоведения и прежде всего утверждения в нем субъективно-социологического метода.

Один из разделов главы посвящен теоретическому наследию русских писателей второй половины XIX — начала XX в. Хотя взгляды художников слова на психологию и «технологию» творчества зачастую не имели строгой системности, в большинстве своем они по справедливости расцениваются в труде как предвосхищение последующих научных разысканий, обогащение науки о литературе. В этом плане рассмотрены суждения И. Тургенева о сущности драмы, «тайном» психологизме и типах романа, трактовка И. Гончаровым проблемы типического, «лишних людей», «живучести» литературных произведений и другие. Авторы детально рассматривают историко-литературные взгляды Н. Некрасова и М. Салтыкова-Щедрина, их концепцию народности, идейности, социальной активности литературы, критику писателями теоретических основ «чистого искусства» и натурализма. Дан анализ и показано непреходящее значение для литературоведения эстетических представлений Л. Толстого, Ф. Достоевского, А. Чехова, В. Короленко.

В заключительном разделе первой главы рассматривается состояние самого академического литературоведения означенного периода в главных его направлениях: культурно-историческая школа (А. Н. Пыпин), «психологический» (Д. Н. Овсянико-Куликовский) и сравнительно-исторический (А. Н. Веселовский) методы и др. Раскрывая несомненные достижения науки в исследовании художественного творчества, авторы приходят вместе с тем к выводу, что к началу XX в. академическое литературоведение в основном исчерпало свои методологические возможности. Наука о литературе нуждалась в более прочной философско-гносеологической опоре, в системе конкретно-исторического мышления. Этой исторической потребности отвечал марксизм. Он преобразил литературную науку, преодолев ее аморфность, прояснив ее задачи, сделав ее целенаправленной системой знаний, вооруженной научным методом. Данная тенденция имела всеобщий характер: усвоение русским литературоведением марксистской методологии — часть общеисторического, общеидеологического процесса, охватившего со второй половины XIX в. почти все общественные науки.

Формирование материалистических принципов познания и объяснения литературных явлений совершалось в условиях обострения классовой борьбы. Идеологии пролетариата — марксизму — буржуазный лагерь активно противопоставлял самые разнообразные идеалистические учения объективистского, субъективистского, в том числе и мистического, толка, пытаясь помешать утверждению в литературоведении подлинно научной методологии. В связи с этим во второй главе книги характеризуются идеалистические течения в русском литературоведении конца XIX — начала XX в. Авторы анализируют субъективистские концепции Вл. Соловьева, В. Розанова, Д. Мережковского, К. Леонтьева, И. Анненского и др. Здесь же помещен раздел о ранних формалистических тенденциях в теории словесного творчества (взгляды В. Брюсова, А. Белого, В. Шкловского и др.). Как следует из содержания книги, русский идеализм в сфере литературной мысли был явлением многовариантным; но при этом разные идеалистические течения объединяло отрицательное отношение к материализму, культ иррационального, субъективистская интерпретация художественных феноменов. Подвергая идеалистическую эстетику критическому анализу, авторы труда отмечают в то же время ряд положительных моментов деятельности ее представителей, работы которых, в частности, способствовали развенчанию компаративистской версии о подражательном характере русской литературы первой половины XIX в., повышению интереса к активной, «субъективной» стороне содержания произведения, открытию многих изобразительных возможностей слова в художественном творчестве, ранее не увиденных теоретиками литературы и др.

Заключительная глава книги посвящена характеристике ленинского этапа в истории литературоведения. Центральное положение здесь занимает раздел «В. И. Ленин и наука о литературе», в котором речь идет о ленинской теории отражения, учении о партийности литературы и искусства, оценках В. И. Лениным Чернышевского, Л. Толстого, писателей-народников, методологическом значении ленинского подхода к познанию литературных явлений. В свете ленинского наследия в главе выясняются исторические предпосылки возникновения социально-генетического направления как первой марксистской школы литературоведческого позна-

ния. Важная роль в этой связи отведена критической деятельности М. Горького и марксистской критике конца XIX — начала XX в. (А. Луначарский, В. Воровский, М. Ольминский), утверждавших в своих выступлениях понятие о классовом характере литературы и искусства, принципы нового художественного метода.

В книге, являющейся, по сути, завершающей частью трехтомной «Истории русского литературоведения», делается вывод о том, что рассмотрение богатого опыта домарксистской литературной науки в России позволяет совершенствовать методологию исследования и развивать теорию литературы, предостерегает от возможных методологических ошибок, имевших место в прошлом.

XIII Международный конгресс лингвистов

В конце августа — начале сентября 1982 г. в Токио проходил XIII Международный конгресс лингвистов, в котором приняло участие около 1000 ученых из более чем 40 стран мира. Его работа проходила в форме пленарных и секционных заседаний, а также заседаний рабочих групп. На конгрессе было проведено восемь пленарных заседаний, посвященных: синтаксису, семантике, их взаимосвязям, морфологии, фонетике и фонологии, исторической лингвистике, психолингвистике, социолингвистике. Кроме того, на конгрессе работали следующие секции: история лингвистики, семантика слова, лингвистические универсалии и типология, диалектология и лингвистическая география, лингвистика текста, прагматика, язык и литература, системы письма, приобретение языковых навыков, языковое планирование, лингвистика и компьютер, семиотика.

В докладах участников конгресса при трактовке структурных элементов языка (фонологии, морфологии, синтаксиса, словообразования) наблюдалось стремление показать функциональную и семантическую стороны языковых процессов. Большим вниманием пользовались доклады, посвященные проблемам типологии и языковых универсалий. Отчетливо выявился интерес лингвистов к условиям функционирования языка, к тем областям, которыми занимаются социолингвистика, психолингвистика.

На заключительном пленарном заседании при подведении итогов президент Постоянного международного комитета лингвистов профессор Р. Робинс (Robins, Англия) отметил, что конгресс показал наличие в современной лингвистике ряда теорий, направленных на раскрытие природы явлений языка, из которых ни одна не занимает монопольного положения в науке, а претендовавшая до недавнего времени на такую монополию теория порождающей грамматики явно утратила свои позиции.

В работе конгресса приняла активное участие делегация советских ученых, в составе которой были члены-корреспонденты АН СССР В. Н. Ярцева (руководитель делегации), Т. В. Гамкрелидзе, Б. А. Серебренников, профессора В. П. Вомперский, Г. В. Колшанский. Т. В. Гамкрелидзе руководил пленарным заседанием по исторической лингвистике и участвовал в работе группы по проблемам протоиндоевропеистики. Б. А. Серебренников руководил работой секции по диалектологии и лингвистической географии и прочел доклад на тему «Поля значений». В. Н. Ярцева возглавляла работу секции «Языковые универсалии и типология» и сделала доклад на тему «Типологические ограничения случаев синтаксической неопределенности». Профессора Г. В. Колшанский и В. П. Вомперский также выступили с докладами и приняли активное участие в дискуссиях по отдельным проблемам языкознания. К конгрессу был подготовлен и выпущен Институтом информации по общественным наукам совместно с Институтом языкознания АН СССР сборник «Некоторые аспекты исследования языка в советской лингвистике 1977—1982 гг.» (в серии «Теория и история языкознания»). Сборник содержит реферативные обзоры советских монографических работ по тематике, представленной на конгрессе. Это издание привлекло большое внимание и было высоко оценено участниками конгресса.

Во время работы конгресса состоялись заседания Исполкома и Генеральной ассамблеи Постоянного международного комитета лингвистов. На новый пятилетний срок был избран Исполком Постоянного международного комитета лингвистов, в состав которого от СССР вновь вошла член-корреспондент АН СССР В. Н. Ярцева. Вице-президентом Постоянного международного комитета лингвистов был избран председатель XIII конгресса в Токио Широ Хаттори (Khattori, Япония).

Историческое описание языков

Значительным событием в советской лингвистической науке стал выход в свет двухтомного труда «Сравнительно-историческое изучение языков разных семей» (М., Наука, 1981, 1982), написанного группой сравнительно-генетических исследований Института языкознания АН СССР с участием ряда специалистов из Института востоковедения АН СССР, Института славяноведения и балканистики АН СССР и Московского государственного университета. В нем впервые в советском и мировом языкознании дано теоретическое обобщение результатов исследований в области историко-генетических отношений различных языковых общностей, показано современное состояние развития сравнительно-исторического анализа, намечены пути совершенствования его приемов.

В книге можно выделить два основных объекта исследования. Первый том посвящен семьям родственных языков, распространенных на территории нашей страны, — индоевропейской в целом, а также составляющим ее ветвям — славянской, балтийской, армянской, иранской. Кроме того, рассматривается ряд языков, бытующих на территории Советского Союза, но не принадлежа-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ПЕТЕРБУРГ. *Сравнительная статистика людского пола. Оказывается, что на земном шаре число мужчин почти равно числу женщин, но существуют страны, где это равновесие людского пола чрезвычайно изменяется. Как образец одинаковой численности мужчин и женщин может служить Франция, где на 1000 мужчин приходится 1007 женщин; но зато на такое же количество защитников отечества в Швеции приходится 4064 шведки; а в Греции на 1000 мужчин приходится 933 женщины. На Канарских островах 1000 юношей могут выбирать себе невест из 1208 молодых девушек. Но отношение обратное в Австралии, Тасмании и Новой Зеландии: здесь 817 девушек представляют соперничать и добиваться их руки 1000 искателям. В Гон-Конге на 1000 мужчин едва насчитывают 366 женщин.*

«Техник»

США. *В городскую думу Буэнос-Айреса представлен проект гигантского зонтика для покрытия этого города во время дождя. Вода из листового однодюймового железа, покрывающего зонтик, должна стекать в кольцеобразный канал. Зонтик диаметром в 9,6 километра предполагается укрепить на башне в 205 метров диаметром и 460 метров вышины. Стоимость осуществления проекта всего 1 500 000 фунтов стерлингов.*

«Инженер»

щих к индоевропейской семье. Среди них — тюркские, финно-угорские, тунгусо-маньчжурские и др.

Второй том включает исследование индоевропейских языков, распространенных преимущественно за пределами СССР — германских, кельтских, романских, греческого, албанского.

Значительное внимание уделено в этом томе сравнительно-историческому анализу крупнейших языковых общностей, рассредоточенных в других регионах мира. Этот раздел исследования содержит характеристику типов генетических общностей языковой ойкумены, охватывая многочисленные семьи и группы родственных языков Азии, Африки, Океании. В их числе сино-тибетская (к которой примыкает и австро-тайская) семья языков, на которых говорит большая часть населения Восточной, Юго-Восточной и Южной Азии. Наряду с хорошо известными старописьменными языками, такими, как китайский, тибетский и бирманский, к этому генетическому объединению относится свыше 200 других языков, подавляющая часть которых еще почти не изучена.

Специальным объектом исследования послужила обширная семья австронезийских языков (их еще называют малайско-полинезийскими), ареал распространения которой простирается от о. Мадагаскар на западе до о. Пасхи на востоке и от Тайваня и Гавайских островов на севере до Новой Зеландии на юге. Даже по самым приблизительным подсчетам к этой семье принадлежит около 600 языков. Недостаточная лингвистическая изученность этих языков, подавляющая часть которых не имеет письменности, затрудняет их генетическую классификацию по группам, мешает точно определить их статус внутри групп, во многих случаях неясно, имеем ли мы дело с самостоятельным языком или только с диалектом.

К исследованию, систематизирующему разыскания в области сравнительного изучения австронезийских языков, тесно примыкает раздел об океанийских языках, общее число которых достигает 450—500. В этом разделе предпринимается попытка выявить связи океанийских языков с австронезийскими, развивается тезис о генетическом единстве всех австронезийских и океанийских языков в прошлом. В то же время большое число языков обеих семей, отсутствие письменности на многих из них, их слабая изученность затрудняют решение вопросов происхождения этих языков, их родственных и контактных связей. Океанийские языки вследствие изолированности архипелагов Океании являют собой уникальную языковую ситуацию. Считается, что языки, распространенные к востоку от Соломоновых островов, не находились в контакте с языками других семей в течение ряда тысячелетий. Это в значительной степени затрудняет реконструкцию генетических связей австронезийских и океанийских языков как между собой, так и с другими языковыми ареалами.

В книге представлены также результаты исследований дравидийских языков, на которых говорят жители юга Индостана. Исследования последних лет показали, что на более глубинном историческом уровне эти языки совместно с языками индоевропейской, афразийской, картвельской, алтайской и финно-угорской семей представляли собой древнейшую генетическую общность, названную в советской лингвистике ностратической семьей языков (от лат. noster — наш).

В последние годы в нашей стране ведутся интенсивные исследования африканских языков. Сравнительные изыскания этой самой многочисленной по числу языков группы развиваются неравномерно. Это связано с различной степенью документированности языков памятниками письменности и степенью их изученности. Так например, языки афразийской языковой семьи обладают письменной традицией с конца IV — начала III тысячелетия до н. э., тогда как отдельные ее представители, в частности большинство чадских языков, а также языки банту или до сих пор являются бесписьменными, или же письменность на некоторых из них создана совсем недавно. Согласно новейшим исследованиям советских африканистов и востоковедов многие языки Африки образуют обширную макросемью, в которую, помимо семито-хамитской семьи, входят также чадская, берберская и кушитская ветви. В настоящее время в нашей стране ведется подготовка сравнительно-исторического словаря афразийских языков. В разделах, посвященных афразийским, чадским и банту языкам, раскрываются сложные вопросы их происхождения, рассматриваются пути и методы реконструкции праязыковых состояний этих языковых семей, выявляется степень и интенсивность межъязыковых контактов.

Особое внимание в книге уделено языкам, исследование которых не только послужило началом возникновения сравнительно-исторического направления в языкознании, но и явилось базой для формулирования основных понятий языкознания в целом.

Речь идет в первую очередь о санскрите, который долгое время рассматривался в науке как своего рода «праязык». В разделе, посвященном санскриту, понимаемом в широком смысле слова, рассматриваются различные его разновидности — ведийский язык как самая ранняя письменно засвидетельствованная ступень древнеиндийского языка и поздний классический, или эпический санскрит.

В настоящее время в качестве эталона в сравнительном индоевропейском языкознании выступают хетто-лувийские (анатолийские) языки, обладающие самой древней письменной индоевропейской традицией (конец III — начало II тысячелетия до н. э.). Наряду с открытием хетто-лувийских и тохарских языков крупнейшим событием в языкознании и истории культуры явилась дешифровка и интерпретация в 50-е гг. нашего века критомикенского линейного письма Б, язык которого оказался архаической ступенью древнегреческого языка (XV—XIV вв. до н. э.). Поступление новых данных о древних индоевропейских языках, а также введение новейших описаний бесписьменных языков и диалектов, в первую очередь представителей иранской и индоарийской групп, заставляют пересмотреть традиционные взгляды на происхождение индоевропейской семьи языков.

Сейчас в нашей стране ведутся крупные исследования в области сравнительно-генетического языкознания, в рамках которых созданы фундаментальные историко-этимологические словари славянских, тунгусо-маньчжурских, абхазско-адыгских, иранских, тюркских, финно-угорских языков. Опубликованный труд обобщает теоретически как уже достигнутые в этой области результаты в первую очередь историко-генетических изысканий языковых семей, распространенных на территории СССР, так и намечает новые аспекты исследований.

Продолжением этого цикла явятся труды, посвященные теории реконструкции праязыковых состояний, принципам построения истории языков в связи с историей народа, сложных вопросов глотто- и этногенеза, лингвистическим аспектам воссоздания древнейших культур различных народов мира.

ЧТО МОЖНО ПРОЧИТАТЬ В ДОПОЛНЕНИЕ К СТАТЬЯМ ЭТОГО ТОМА ЕЖЕГОДНИКА

Я. СЕНТАГОТАИ
Новые пути нейробиологии

П. В. Симонов. Эмоциональный мозг. М., Наука, 1981.

Мозг. Сборник статей (перевод с английского яз.). М., Мир, 1982.

В. Маунткасл. Дж. Эделмен. Разумный мозг. М., Мир, 1981.

В. М. ЖДАНОВ
Человек и вирусы

В. М. Жданов, Ф. И. Ершов, А. С. Новохатский. Тайны третьего царства. М., Знание, 1981.

В. М. Жданов, Д. К. Львов, Ф. И. Ершов. Методологические основы современной вирусологии. М., Медицина, 1981.

В. М. Жданов, С. Я. Гайдамович. Вирусология. М., Медицина, 1968.

Общая и частная вирусология. Под ред. В. М. Жданова и С. Я. Гайдамовича. М., Медицина, 1982.

С. Лурия и др. Общая вирусология. М., Мир, 1981.

Ф. Феннер и др. Биология вирусов животных. М., Мир, 1977.

О. К. СКОБЕЛКИН, Е. И. БРЕХОВ, В. И. КОРЕПАНОВ
Лазеры в хирургии

Б. В. Леонов, В. В. Шиходыров. Лазеры и клетка. М., Знание, 1966.

С. Файн, Э. Клейн. Биологическое действие излучения лазера. (Пер. с англ.). М., Атомиздат, 1968.

Ю. В. Себрант, М. П. Троянский. Лазеры и живая ткань. М., Знание, 1972.

Лазеры в клинической медицине. Под ред. С. Д. Плетнева. М., Медицина, 1981.

Г. А. ПУГАЧЕНКОВА
Миankальские оссуарии — памятники культуры Древнего Согда

Б. Н. Кастальский. Биянайманские оссуарии. Самарканд, 1908.

А. Калмыков. Открытия Б. Н. Кастальским «Бия-Найманские оссуарии». Протоколы Туркестанского кружка любителей археологии, год 13-й. Ташкент, 1909.

А. Я. Борисов. К истолкованию изображений на бия-найманских оссуариях. Государственный Эрмитаж. Труды Отдела Востока, т. II. Л., 1940.

Г. А. Пугаченкова, Л. И. Ремпель. Выдающиеся памятники изобразительного искусства Узбекистана. Ташкент, 1960.

Ю. А. Рапопорт. Из истории религии Древнего Хорезма. (Оссуарии). М., 1971.

Г. А. Пугаченкова. Иштиханский оссуарий — новый памятник согдийского искусства. «Общественные науки в Узбекистане». Ташкент, 1975, № 3.

А. Х. САРКИСОВ
Победа над трихофитией

А. Х. Саркисов, В. П. Королева, Е. С. Квашнина, В. Ф. Грезин. Диагностика грибных болезней животных. М., Колос, 1971.

П. Н. Кашкин, Н. Д. Шеклаков. Руководство по медицинской микологии. М., Медицина, 1978.

Методы экспериментальной микологии. Киев., Наукова думка, 1982.

Н. Б. БРАНДТ, М. И. КАГАНОВ, И. М. ЛИФШИЦ
Новый тип фазовых переходов в металлах

И. М. Лифшиц, М. И. Каганов. Квазичастицы. М., Наука, 1975.

М. И. Каганов. Электроны, фононы, магноны. М., Наука, 1979.

М. И. Каганов, И. М. Лифшиц. Электронная теория металлов и геометрия. УФН, 1979, т. 129, № 3.

Н. Б. Брандт, В. В. Мощалков. Полуметаллы. М., Знание, 1979.

Н. В. КАРЛОВ, А. М. ПРОХОРОВ
Квантовая электроника и молекулы

Н. В. Карлов, А. М. Прохоров. Лазерное разделение изотопов. УФН, 1976, т. 118, с. 583.

Н. В. Карлов, А. М. Прохоров. Селективные процессы на границе раздела двух сред, индуцированные резонансным лазерным излучением. УФН, 1977, т. 123, с. 57.

Н. В. Карлов, Б. Б. Крынецкий, В. А. Мишин, А. М. Прохоров. Селективная фотоионизация атомов и ее применение для разделения изотопов и спектроскопии. УФН, 1979, т. 127, с. 593.

Н. В. Карлов, А. М. Прохоров. Квантовая электроника и эйнштейновская теория излучения. УФН, 1979, т. 128, с. 537.

Справочник по лазерам. Под ред. А. М. Прохорова. М., Советское радио, 1978.

Г. ГЕРЦ
Структура жидкостей и движение молекул

А. В. Кессених. Ядерный магнитный резонанс. М., Знание, 1965.

А. А. Попель. Магнитно-релаксационный метод анализа неорганических веществ. М., Химия, 1978.

А. Лёше. Ядерная индукция. М., ИИЛ, 1963.

А. Абрагам. Ядерный магнетизм. М., ИИЛ, 1963.

Х. МАТТИС
Память: молекулярные механизмы

В. В. Дергачев. Молекулярные и клеточные механизмы памяти. М., Медицина, 1977.

Р. И. Кругликов. Нейрохимические механизмы обучения и памяти. М., Наука, 1981.

Р. Ю. Ильюченок. Фармакология поведения и памяти. Новосибирск, Наука, 1972.

П. А. Кометиани, Н. Г. Александзе, Е. Э. Клейн. Нейрохимические аспекты памяти. Тбилиси, Мецниереба, 1980.

Ю. С. Бородкин, Ю. В. Зайцев. Нейрохимические и функциональные основы долговременной памяти. Л., Медицина, 1982.

И. В. ПРАНГИШВИЛИ, Ю. М. ФАТКИН, В. С. ШИРОКОЛАВА
Обучение вычислительных систем

Ю. М. Фаткин, Г. В. Чекалина. Универсальная моделирующая система. — Автоматика и телемеханика, 1975, № 10; 1976, № 3.

Модели управляющих систем. М., 1976.

Имитация процессов управления. Сб. трудов/Институт проблем управления. Вып. 18. М., 1978.

Вопросы кибернетики. Многопроцессорные вычислительные системы с перестраиваемой структурой (Архитектура. Структура. Применения). М., 1981.

В. А. Трапезников, И. В. Прангишвили, А. А. Новохатний, В. В. Резанов. Экспедиционные геофизические вычислительные комплексы на базе многопроцессорной ЭВМ ПС-2000. — Приборы и системы управления, 1981, № 2.

СОДЕРЖАНИЕ

	С. Л. ТИХВИНСКИЙ Наука международных отношений	9
	Л. А. ИЛЬИН Медики против ядерной войны	21
ЧЕЛОВЕК	Я. СЕНТАГОТАИ Новые пути нейробиологии	31
	В. М. ЖДАНОВ Человек и вирусы	45
	О. К. СКОБЕЛКИН, Е. И. БРЕХОВ, В. И. КОРЕПАНОВ Лазеры в хирургии	57
	Р. БРЕЙДВУД, Х. ЧЕМБЕЛ У истоков производящего общества в Юго-Восточной Анатолии	67
	Г. А. ПУГАЧЕНКОВА Миankальские оссуарии — памятники культуры Древнего Согда	79
ЗЕМЛЯ	С. А. ФЕДОТОВ Большое трещинное извержение Толбачика	95
	К. Б ірКЕНМАЙЕР Палеомагнитная летопись Земли	119
	Е. П. АЛЕШИН Рис: обновление культуры	131
	А. Х. САРКИСОВ Победа над трихофитией	143
МИКРОМИР	К. ЛАНИУС Глюоны — переносчики ядерных сил	157
	Н. Б. БРАНДТ, М. И. КАГАНОВ, И. М. ЛИФШИЦ Новый тип фазовых переходов в металлах	173
	Н. В. КАРЛОВ, А. М. ПРОХОРОВ Квантовая электроника и молекулы	189
	Г. ГЕРЦ Структура жидкостей и движение молекул	201
	Х. МАТТИС Память: молекулярные механизмы	211
ВСЕЛЕННАЯ	Ф. МЕЛЬКИОРРИ, Б. ОЛИВО-МЕЛЬКИОРРИ Экспериментальная проверка космологических теорий	229
	П. ТРЖИСКА Эксперимент «Магион»	235
	Ж. ГУРРАГЧА, О. БААСАНСУРЭН Космические исследования в Монголии	247
ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС	И. В. ПРАНГИШВИЛИ, Ю. М. ФАТКИН, В. С. ШИРОКОЛАВА Обучение вычислительных систем	257
	ДЖ. Ф. ДЭВИДСОН Псевдоожиженный слой твердых частиц («кипящий слой»)	275
	Г. КЕЙЛ, К. МЕЙЕР Трение и смазка — химия граничных слоев	285
	ХО ШИ ТХОАНГ Цеолиты — удивительные катализаторы	293
ЛЕТОПИСЬ НАУКИ	Математика и вычислительная техника	301
	Физика	307
	Астрономия	310
	Механика	315
	Космические исследования	320
	Химия	342
	Биология, медицина, сельское хозяйство	346
	Науки о Земле	355
	История, археология, этнография	361
	Философия, социология, право	380
	Экономика	390
	Филология	394
	Что можно прочитать в дополнение	398

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1984

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

[illegible]

Г. Кейл, К. Майер. Трение и смазка — химия граничных слоев. — А. Бломен

Редактор переводов статей иностранных авторов Р. Чуйкова

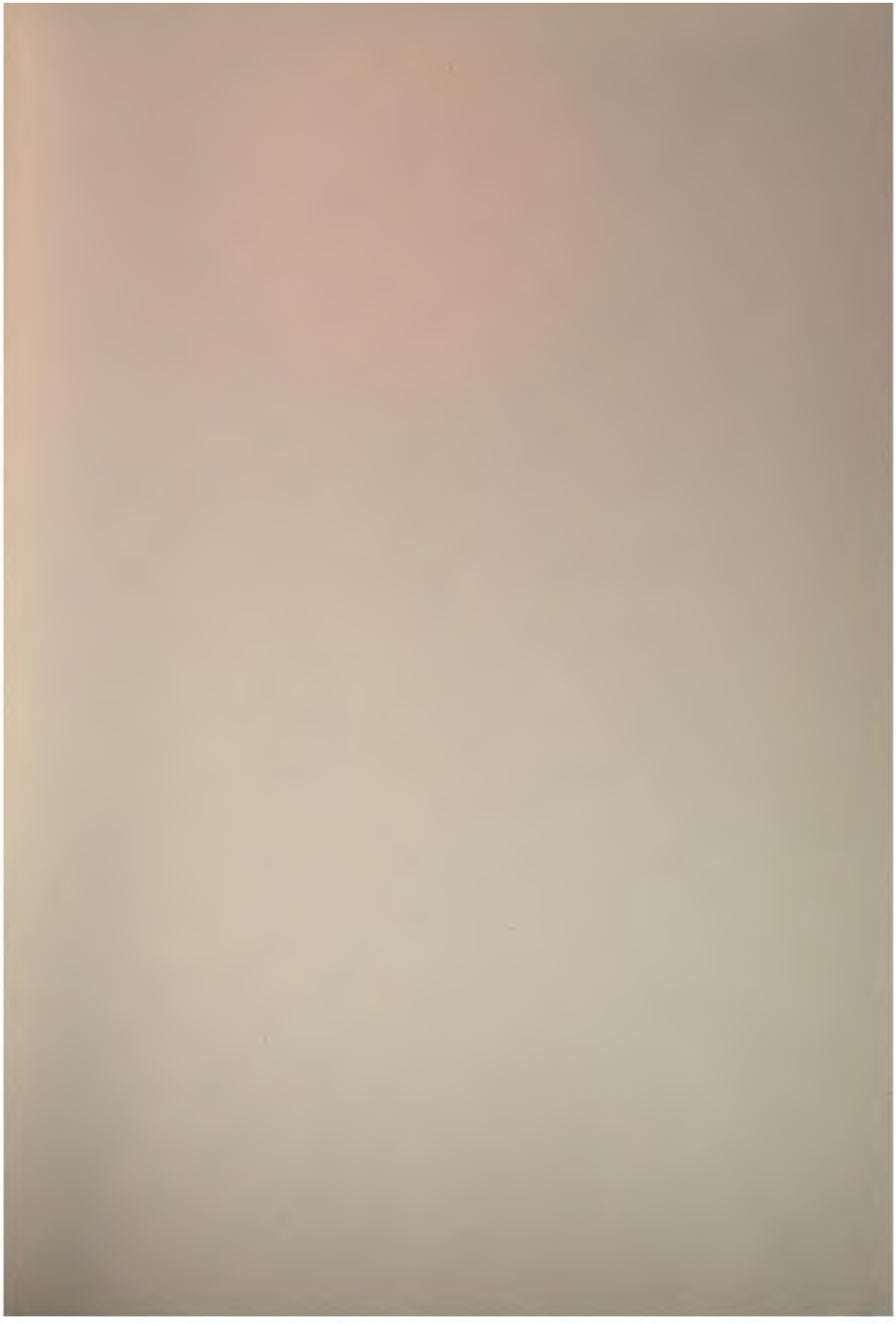
В подготовке статей и биографий авторов принимали участие: К. Гусева, Е. Звягинцева, С. Кинине, В. Новиков, К. Романовский

Раздел «Сто лет назад» подготовил С. Кинине

Оформление книги и шмуцтитулов
Макет книги А. Семенова
В книге использованы фотоматериалы ТАСС
Редакторы: Н. Дубровина, Т. Кобзева, Г. Кремнева, В. Микулицкий
Младший редактор Т. Захарова
Художественный редактор Н. Пьяных
Технический редактор Г. Луговская
Корректоры В. Калинина, В. Каночкина

[illegible]

ИБ № 6559
Сдано в набор 26.[illegible]
Подписано к печати [illegible]
Т [illegible]
Формат бумаги 84 [illegible]
Бумага офсетная [illegible]
Печать офсетная [illegible]
Тираж 1000[illegible]
Заказ [illegible] Цена [illegible]
Издательство «Зн[illegible]



НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1984

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

Статьи иностранных ученых, опубликованные в этом томе ежегодника, перевели:

Я. Сентаготаи.
Новые пути нейробиологии. —
Л. Щеглов

Р. Брейдвуд, Х. Чембел.
У истоков производящего общества в Юго-Восточной Анатолии. —
Н. Бадер

К. Биркенмайер.
Палеомагнитная летопись Земли. —
Ю. Данилов

К. Ланиус.
Глюоны — переносчики ядерных сил. —
Ю. Данилов

Г. Герц.
Структура жидкостей и движение молекул. —
Р. Мавитов

Х. Маттис.
Память: молекулярные механизмы. —
Р. Кругликов

Ф. Мелькиорри, Б. Оливо-Мелькиорри.
Экспериментальная проверка космологических теорий. —
Э. Козлов

П. Тржиска.
Эксперимент «Магион». —
Д. Прасолов

Дж. Ф. Д видсон.
Псевдоожиженный слой твердых частиц («кипящий слой»). —
О. Морозова

Г. Кейл, К. Майер.
Трение и смазка — химия граничных слоев. —
А. Блюмен

Редактор переводов статей иностранных авторов —
Р. Чуйкова

В подготовке статей и биографий авторов принимали участие:
К. Гусева, Е. Звегинцева, С. Кипнис, В. Новиков, Б. Романовский

Раздел «Сто лет назад» подготовил С. Кипнис

Оформление книги и шмуцтитулов
Макет книги
А. Семенова

В книге использованы фотоматериалы ТАСС

Редакторы:
Н. Дубровина, Т. Кобзева, Г. Кремнева, В. Микулицкий

Младший редактор
Т. Захарова

Художественный редактор
Н. Пьяных

Технический редактор
Т. Луговская

Корректоры
В. Калинина,
В. Каночкина

ИБ № 6559

Сдано в набор 26.05.83.
Подписано к печати 07.02.84. Т03700.
Формат бумаги 84×108
Бумага офсетная. Гарни
тура таймс, гельветика.
Печать офсетная.
Усл. печ. л. 42,0. Усл.
кр.-отт. 133,2. Уч.-изд. л
53,81. Тираж 100000 экз
Заказ 2358. Цена 6 р. 30
Издательство «Знание».
101835, ГСП, Москва,
Центр, проезд Серова, д
Индекс заказа 849602.
Ордена Трудового Кра
го Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфи и книжной торговли.
г. Калинин, пр. Ленина,

Н 34 **Наука** и человечество, 1984: Доступно и точно о главном в мировой науке. Междунар. ежегодник/Редкол. А. А. Логунов (пред.) и др. — М.: Знание, 1984. — 400 с., ил., портр. портр.

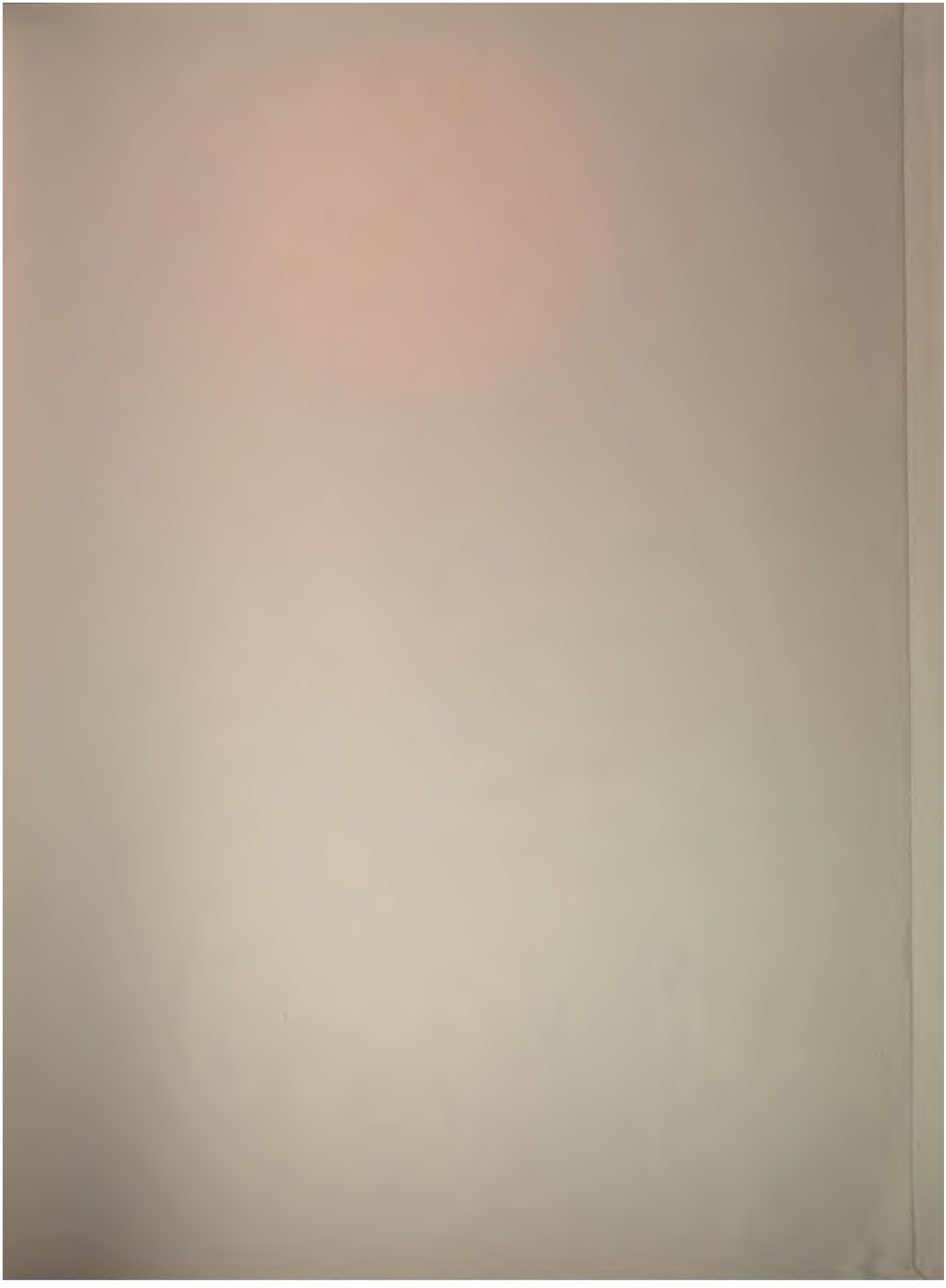
В пер.: 6 р. 30 к. 100 000 экз.

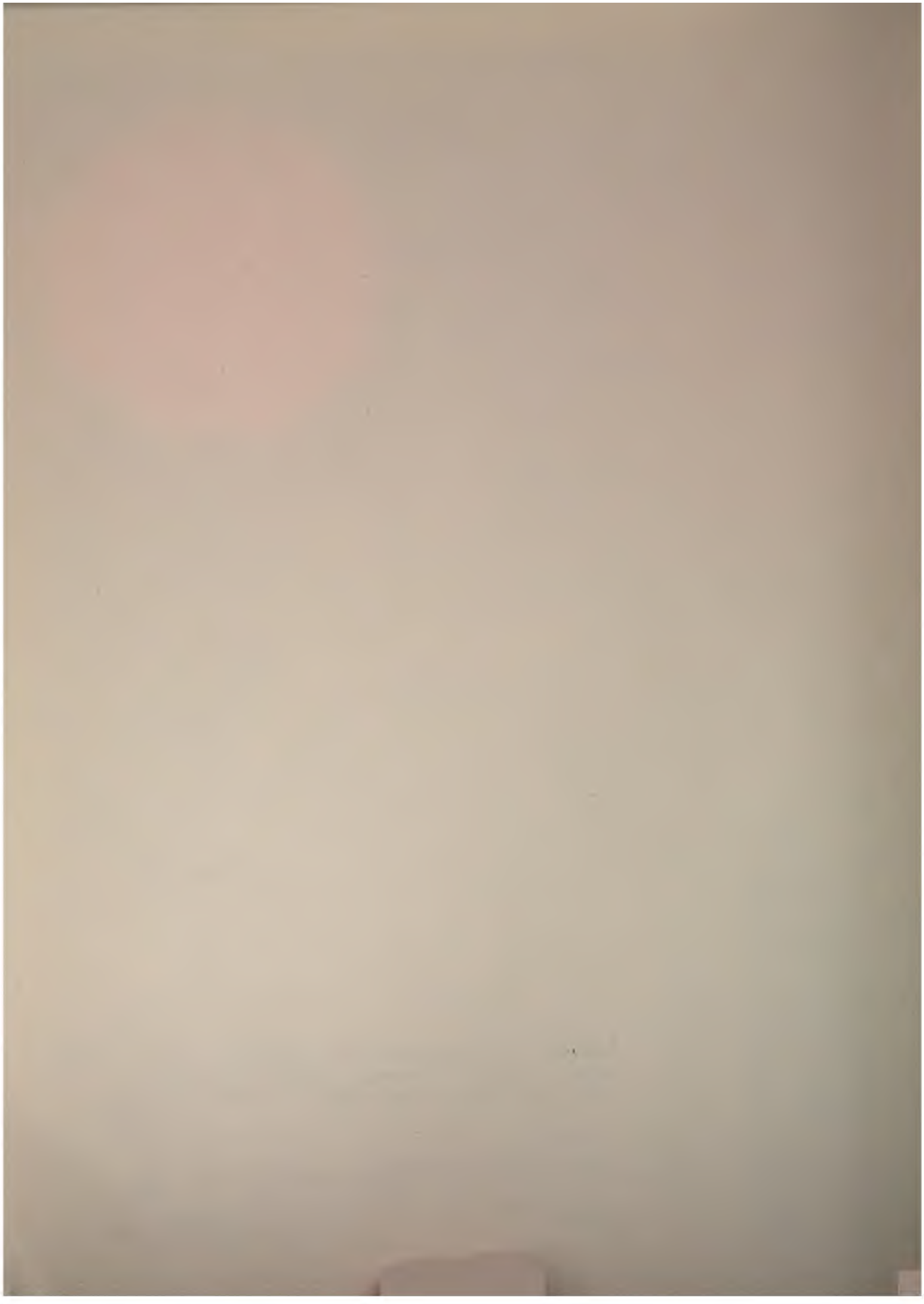
Этот том ежегодника знакомит с последними достижениями советской и зарубежной науки. Его авторы — крупнейшие ученые многих стран мира, лауреаты высших научных премий.

Н $\frac{1401000000—001}{073(02)—84}$ 19—84

ББК 72
001

10)





UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03865 4623